



# UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

## TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Cabina para lavado de maquinaria de alto tonelaje

Autor/es

GABRIEL ESPINOSA SÁENZ

Director/es

JULIO BLANCO FERNÁNDEZ

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2016-17



***Cabina para lavado de maquinaria de alto tonelaje***, de GABRIEL ESPINOSA  
SÁENZ

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

**Trabajo de Fin de Máster**

# **CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE**

Autor:

*Gabriel Espinosa Sáenz*

Tutor/es: Julio Blanco Fernández

**MÁSTER:**

**Máster en Ingeniería Industrial (852M)**

**Escuela de Máster y Doctorado**



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

**AÑO ACADÉMICO: 2016/2017**







TITULACIÓN:

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CURSO:

2016 / 2017 Convocatoria de Junio.

TUTORES:

Julio Blanco Fernández

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729

DIRECTORES:

Julio Blanco Fernández,  
Escuela de Máster y Doctorado.

### ***RESUMEN:***

La cabina de lavado de maquinaria pesada supone una modernización de los sistemas actuales para el lavado de vehículos destinados al movimiento de tierras. De este modo se diseña la estructura principal de lavado, el sistema de tratamiento de agua de lavado y todos los componentes necesario para su funcionamiento. Realizándose estudios de cálculo de tuberías, dimensionamiento de la nave y estudios de resistencia de componentes mediante elementos finitos. Con ello se pretende mejorar el estado de la maquinaria, facilitar las labores de mantenimiento y optimizar en todos los sentidos el proceso de lavado.

### ***ABSTRACT:***

The heavy machinery washing booth is a modernization of the current systems for the washing of vehicles destined to earthmoving. In this way the main wash structure, the wash water treatment system and all the components necessary for its operation are designed. Conducting studies of calculation of pipes, sizing of the ship and studies of resistance of components, using finite elements. This is intended to improve the state of the machinery, facilitate maintenance and optimize the washing process in every way.



# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

1. Índice General.

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA:

Junio de 2017.



## 1. Índice general.

Índice general.....	7
Índice de figuras .....	11
2. Memoria.....	19
2.1. Memoria descriptiva.....	23
2.2. Alcance.....	23
2.3. Antecedentes .....	23
2.4. Objetivos del proyecto.....	28
2.5. Ubicación .....	29
2.6. Normas y referencias.....	29
2.6.1. Disposiciones legales y referencias.....	29
2.6.2. Bibliografía.....	30
2.6.3. Programas informáticos.....	31
2.7. Restricciones y limitaciones de partida.....	31
2.7.1. Restricciones en relación a las dimensiones .....	31
2.7.2. Restricciones en relación a la estructura de lavado.....	34
2.8. Soluciones propuestas.....	34
2.8.1. Cabina de lavado basada en puente de lavado.....	35
2.8.2. Cabina de lavado basada en túnel de lavado.....	37
2.9. Diseño Seleccionado.....	38
2.10. Diseño estructural.....	39
2.10.1. Sistema de lavado de maquinaria pesada.....	39
2.10.2. Nave en acero.....	44
2.10.3. Bombeo de suministro de agua desde balsa.....	47
2.10.4. Equipos de bombeo del agua de lavado.....	51
2.10.5. Sistema de tratamiento del agua de lavado.....	54
3. Anexos.....	72

3.1.	Diseño de nave en acero para cabina de lavado de maquinaria pesada	78
3.1.1.	Introducción.	78
3.1.2.	Lugar y situación de la nave	78
3.1.3.	Características	80
3.1.4.	Datos de partida. Generador de pórticos Cype.	83
3.1.5.	CORREAS.	89
3.1.6.	Cálculo de la estructura general en CYPE 3D.	93
3.1.7.	Diseño de la nave.	95
3.1.8.	Cálculo de las uniones.	98
3.2.	Cálculo de cimentación.	106
3.3.	Análisis de rejillas de filtración mediante modelo de elementos finitos.	108
3.3.1.	Comprobación mediante Abacus CAE del diseño seleccionado.	109
3.4.	Cálculo de las tuberías de la cabina de lavado de maquinaria de alto tonelaje.	118
4.	Planos.	131
5.1.	Plano - Cerramientos laterales de la nave.	133
5.2.	Plano - Cubierta de la nave.	134
5.3.	Plano - Vista frontal de la nave	135
5.4.	Plano - Vista trasera de la nave	136
5.5.	Plano - Representación 3D Nave.	137
5.6.	Plano - Cimentación.	138
5.7.	Plano - Vigas de atado.	139
5.8.	Plano - Zapatas.	140
5.9.	Plano - Zapatas.	141
5.10.	Plano - Estructura de tuberías de la cabina de lavado.	142
5.11.	Plano - Sistema de limpieza de bajos.	143

5.12. Plano – Sistema de tratamiento de aguas. ....	144
5. Pliego de condiciones. ....	148
5.1. Propósito .....	152
5.2. Ejecución de la obra.....	152
5.2.1. Especificaciones de materiales y elementos constitutivos.....	152
5.2.2. Reglamentación y normativa aplicables. ....	154
5.2.3. Aspectos del contrato que se refieran al proyecto. ....	156
5.12.1. Criterios para las modificaciones del Proyecto original, especificando su aceptación y cómo deben quedar reflejadas en la documentación final. ....	159
5.12.2. Disposiciones generales.....	162
5.12.3. Ejecución de las obras. ....	166
5.12.4. Garantía de suministros y de funcionamiento .....	168
5.12.5. Seguridad en el trabajo .....	169
5.13. Grupos de bombeo. ....	169
5.13.1. Bomba suspendida.....	169
5.13.2. Bombas del agua de lavado.....	171
5.14. Cañones de agua.....	173
5.15. Deposito de suministro.....	174
5.16. Tuberías de suministro de agua.....	175
5.16.1. Tubería Flexible.....	175
5.16.2. Tuberías de lavado.....	176
5.17. Sistema de limpieza de bajos. ....	180
5.18. Rejillas de captación del agua de lavado.....	181
5.19. Sistema de tratamiento del agua de lavado.....	181
5.19.1. Sistema de decantación de lodos y arenas.....	182
5.19.2. Equipo de filtración.....	182
5.19.3. Separador de hidrocarburos.....	183

6.	Estado de mediciones.....	188
6.1.	Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”.....	190
6.2.	Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero.....	191
6.3.	Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado. ....	192
6.4.	Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado. ....	193
6.5.	Capítulo 05. Elementos Auxiliares. ....	193
7.	Presupuesto.....	196
7.1.	Cuadro de precios unitarios de materiales, mano de obra y maquinaria. 198	
7.1.1.	Materiales.....	198
7.1.2.	Mano de obra.....	198
7.1.3.	Maquinaria.....	198
7.2.	Cuadro de precios unitarios de las unidades de obra. ....	199
7.2.1.	Cuadro de precios unitario N°1.....	199
7.2.2.	Cuadro de precios N°2.....	202
7.3.	Presupuestos parciales.....	207
7.3.1.	Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”.....	207
7.3.2.	Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero. ....	208
7.3.3.	Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado.....	209
7.3.4.	Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado.....	210
7.3.5.	Capítulo 05. Elementos Auxiliares.....	210
7.4.	Resumen del presupuesto. ....	211



## Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de circuito hidráulico de un lavadero de coches .....	25
Figura 2 Cabina de lavado de camiones .....	26
Figura 3 Cabina de lavado de trenes. ....	26
Figura 4 Operario lavando una pala Caterpillar de minas. ....	27
Figura 5 Pistola a presión lavando un camión de minería. ....	28
Figura 6 Caterpillare 797F – Vista general. ....	32
Figura 7 Alzado Caterpillare 797F – Vista frontal. ....	32
Figura 8 Perfil Caterpillare 797F – Vista lateral. ....	33
Figura 9 Dimensiones Caterpillare 797F. ....	34
Figura 10 730C2 EJ .....	34
Figura 11 D11T/CD .....	34
Figura 12 Vista general cabina de lavado solución puente de lavado. ....	36
Figura 13 Componentes principales cabina como puente de lavado. ....	36
Figura 14 Cabina de lavado basa en túnel de lavado. ....	38
Figura 15 Representación 3D del aspecto final de la "CLMP" .....	39
Figura 16 Estructura de tuberías y boquillas de la cabina de lavado. ....	40
Figura 17 Equipo de limpieza de bajos. ....	41
Figura 18 Boquillas de chorro difuminado. ....	42
Figura 19 Boquillas giratorias. ....	43
Figura 20 Cañones de lavado. ....	43
Figura 21 Diseño final, nave en acero. ....	45
Figura 22 Valores característicos de la sobre carga de uso. ....	45
Figura 23 Ubicación del proyecto / Nave. ....	46
Figura 24 Cerramiento de la cubierta panel tipo sándwich. ....	46
Figura 25 Cerramientos laterales, losa de hormigón prefabricada. ....	47
Figura 26 Bomba desde balsa de suministro. ....	48

Figura 27 Control automático de la bomba de llenado del depósito.....	50
Figura 28 Depósito de agua para lavado. ....	51
Figura 29 Equipo de lavado convencional.....	52
Figura 30 Bomba Uracan P3-45.....	53
Figura 31 Bomba Uracan P5-80.....	54
Figura 32 Estación de tratamiento de aguas en mina. ....	55
Figura 33 Rejillas de captación de agua residual. ....	56
Figura 34 Esquema del sistema de tratamiento del agua de lavado .....	59
Figura 35 Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV). ....	62
Figura 36 Componentes del equipo de filtración TOLA 30 (Fuente: adaptado de HACO-Wassertechnik, ....	63
Figura 37 Proceso de filtración (izquierda) y de limpieza (derecha) del filtro de arena. ....	64
Figura 38 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15 (Aqua Ambient Ibérica). ....	67
Figura 39 Separador de hidrocarburos vista soterrado. ....	67
Figura 40 Separador de hidrocarburos perfil.....	68
Figura 41 Albacete y zona de minas próxima.....	79
Figura 42 Cuatro minas próximas a Albacete, elegidas como ubicación de la nave. ....	79
Figura 43 Cubierta Sándwich. ....	80
Figura 44 Panel sándwich. ....	80
Figura 45 Losa de hormigón prefabricada para cerramientos laterales. ....	81
Figura 46 Características técnicas de los paneles. ....	81
Figura 47 Representación de paneles de cerramiento lateral sobre portalada. ....	82
Figura 48 Dimensiones de los pórticos de la nave.. ....	83
Figura 49 Valores característicos de las sobrecargas de uso. ....	84
Figura 50 Datos generales de la obra.. ....	85

Figura 51 Sobrecarga de viento..	86
Figura 52 Ubicación y dimensiones de los huecos fachada izquierda y derecha..	86
Figura 53 Apertura frontal y trasera de la nave.	87
Figura 54 Mapa para la selección de la sobrecarga de nieve.	87
Figura 55 Datos generales completos.	88
Figura 56 Dimensionado de las correas.	89
Figura 57 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de perfil.	90
Figura 58 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de acero.	91
Figura 59 Aprovechamiento de las correas.	92
Figura 60 Dimensiones de los pórticos de la nave.	93
Figura 61 Opciones para la exportación a Cype 3D.	94
Figura 62 Diseño de nave para cabina de lavado.	95
Figura 63 Arriostramientos en vanos 1º y 8º.	96
Figura 64 Perfiles HEB empleados en la construcción de la nave.	96
Figura 65 Dimensionado de la estructura.	97
Figura 66 Agrupamiento y generación de las uniones.	98
Figura 67 Principales tipos de uniones de la nave.	99
Figura 68 Unión de pilares con viga de cubierta y barras de conexión entre pórticos.	100
Figura 69 Unión entre barras de arriostramientos y tirantes con los pilares...	101
Figura 70 Unión entre pilares ya zapatas.	102
Figura 71 Unión de cubierta con pilares de las esquinas.	103
Figura 72 Unión de barras de arriostramiento y tirantes con vigas de cubierta.	104
Figura 73 Unión entre vigas de cumbrera en vanos 1 y 8:	105
Figura 74 Unión entre vigas de cumbrera intermedias.	105

Figura 75 Aspecto final de la cimentación.....	106
Figura 76 Detalle de zapatas.....	106
Figura 77 Características de la cimentación .....	107
Figura 78 Rejilla comercial de Acero inoxidable de gran espesor.....	109
Figura 79 Propiedades del material.....	110
Figura 80 Pre-procesado del modelo. ....	111
Figura 81 Cargas y restricciones en el modelo. ....	112
Figura 82 Mallado tetraédrico del modelo. ....	113
Figura 83 Deformación escalada en rejilla comercial 100 mm espesor. ....	116
Figura 84 Concentración de tensiones debidas al peso de la maquinaria. ....	116
Figura 85 Boquilla de lavado Tipo 22. ....	118
Figura 86 Tabla presión-caudal boquillas.....	119
Figura 87 Tabla de diámetros para tuberías de acero galvanizado comerciales. .....	120
Figura 88 Estructura de tuberías con etiquetas para el cálculo de los tramos. .....	122
Figura 89 Cálculos de pérdidas en tuberías de la "CLMP".....	126
Figura 90 Resumen de pérdidas de carga en la cabina de lavado.....	126
Figura 91 Tramos del Sis. Limpieza de bajos.....	127
Figura 92 Cálculos de pérdidas en Sis. Limpieza de bajos. ....	129
Figura 93 Resumen pérdidas en tuberías del Sis. Limpieza de bajos.....	129
Figura 94 Control automático de la bomba de llenado del depósito.....	171
Figura 95 URACAN P5-80 .....	172
Figura 96 URACAN P3-45.....	173
Figura 97 Cañón de agua a presión. GAN - PS. ....	174
Figura 98 Depósito de suministro del agua de lavado.....	175
Figura 99 Tubería flexible se suministro de agua.....	176
Figura 100 Dimensiones de las tuberías de acero galvanizado. ....	177

Figura 101. Propiedades de las tuberías de acero galvanizado.....	178
Figura 102. Unión rápida GEBO.....	178
Figura 103 . Pasos para la realización de uniones roscadas en tuberías de acero galvanizado. ....	180
Figura 104 Acero inoxidable AISI 304, composición química.....	180
Figura 105 Acero inoxidable AISI 304, propiedades mecánicas a T <sup>a</sup> ambiente. .....	181
Figura 106. Rejilla de acero galvanizado. ....	181
Figura 107. Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV). ....	182
Figura 108 Equipo de filtración HACO - Tola 30. ....	183
Figura 109 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15. (Aqua Ambient Iberica). .....	184





# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

2. Memoria. Volumen 1/1

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA:

Junio de 2017.





## 2. Memoria.

### Índice de la Memoria.

2. Memoria.....	19
2.1. Memoria descriptiva.....	23
2.2. Alcance.....	23
2.3. Antecedentes.....	23
2.4. Objetivos del proyecto.....	28
2.5. Ubicación.....	29
2.6. Normas y referencias.....	29
2.6.1. Disposiciones legales y referencias.....	29
2.6.2. Bibliografía.....	30
2.6.3. Programas informáticos.....	31
2.7. Restricciones y limitaciones de partida.....	31
2.7.1. Restricciones en relación a las dimensiones.....	31
2.7.2. Restricciones en relación a la estructura de lavado.....	34
2.8. Soluciones propuestas.....	34
2.8.1. Cabina de lavado basada en puente de lavado.....	35
2.8.2. Cabina de lavado basada en túnel de lavado.....	37
2.9. Diseño Seleccionado.....	38
2.10. Diseño estructural.....	39
2.10.1. Sistema de lavado de maquinaria pesada.....	39
2.10.2. Nave en acero.....	44
2.10.3. Bombeo de suministro de agua desde balsa.....	47
2.10.4. Equipos de bombeo del agua de lavado.....	51
2.10.5. Sistema de tratamiento del agua de lavado.....	54



## Índice de figuras de la Memoria.

Figura 1 Diagrama de circuito hidráulico de un lavadero de coches .....	25
Figura 2 Cabina de lavado de camiones .....	26
Figura 3 Cabina de lavado de trenes. ....	26
Figura 4 Operario lavando una pala Caterpillar de minas. ....	27
Figura 5 Pistola a presión lavando un camión de minería. ....	28
Figura 6 Caterpillare 797F – Vista general. ....	32
Figura 7 Alzado Caterpillare 797F – Vista frontal. ....	32
Figura 8 Perfil Caterpillare 797F – Vista lateral. ....	33
Figura 9 Dimensiones Caterpillare 797F. ....	34
Figura 10 730C2 EJ .....	34
Figura 11 D11T/CD .....	34
Figura 12 Vista general cabina de lavado solución puente de lavado. ....	36
Figura 13 Componentes principales cabina como puente de lavado. ....	36
Figura 14 Cabina de lavado basa en túnel de lavado. ....	38
Figura 15 Representación 3D del aspecto final de la "CLMP" .....	39
Figura 16 Estructura de tuberías y boquillas de la cabina de lavado. ....	40
Figura 17 Equipo de limpieza de bajos. ....	41
Figura 18 Boquillas de chorro difuminado. ....	42
Figura 19 Boquillas giratorias. ....	43
Figura 20 Cañones de lavado. ....	43
Figura 21 Diseño final, nave en acero. ....	45
Figura 22 Valores característicos de la sobre carga de uso. ....	45
Figura 23 Ubicación del proyecto / Nave. ....	46
Figura 24 Cerramiento de la cubierta panel tipo sándwich. ....	46
Figura 25 Cerramientos laterales, losa de hormigón prefabricada. ....	47
Figura 26 Bomba desde balsa de suministro. ....	48

Figura 27 Control automático de la bomba de llenado del depósito.....	50
Figura 28 Depósito de agua para lavado. ....	51
Figura 29 Equipo de lavado convencional.....	52
Figura 30 Bomba Uracan P3-45.....	53
Figura 31 Bomba Uracan P5-80.....	54
Figura 32 Estación de tratamiento de aguas en mina. ....	55
Figura 33 Rejillas de captación de agua residual. ....	56
Figura 34 Esquema del sistema de tratamiento del agua de lavado .....	59
Figura 35 Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV). ....	62
Figura 36 Componentes del equipo de filtración TOLA 30 (Fuente: adaptado de HACO-Wassertechnik, ....	63
Figura 37 Proceso de filtración (izquierda) y de limpieza (derecha) del filtro de arena. ....	64
Figura 38 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15 (Aqua Ambient Ibérica). ....	67
Figura 39 Separador de hidrocarburos vista soterrado. ....	67
Figura 40 Separador de hidrocarburos perfil. ....	68

## 2.1. Memoria descriptiva.

Este apartado del proyecto está destinado a aclarar conceptos y definir, en todos los aspectos la cabina para lavado de maquinaria de alto tonelaje y todas las estructuras y elementos que la deben conformar para su correcto funcionamiento.

De esta forma se pueden acometer los cálculos necesarios y comprender su diseño sobre una base bien fundamentada y argumentada.

## 2.2. Alcance.

El propósito del proyecto se centra en realizar y determinar exactamente los elementos que van a componer el proyecto de construcción de una cabina de lavado para maquinaria pesada, pensada principalmente para la limpieza de maquinaria de minas, necesaria día a día y en especial en los momentos de mantenimiento o reparación. El proyecto no incluirá las conexiones eléctricas a una red de suministro próxima o a la fuente de energía que se tenga en el emplazamiento.

## 2.3. Antecedentes

En la actualidad son muchos los lavaderos de autos que nos podemos encontrar por las ciudades y los polígonos industriales, estos cada vez están mejor diseñados para permitir introducir en ellos vehículos de diferentes dimensiones, con la posibilidad de lavar grandes furgones y pequeños camiones de reparto. Por otro lado tenemos las posibilidades de lavado que nos facilitan, pasando desde un simple lavado con agua con jabón y un aclarado, hasta lavaderos actuales que disponen de: lavado con jabón y agua caliente, aclarado, aclarado con agua desmineralizada y por último abrillantado.

Pudiéndose encontrar gran variedad de lavaderos manuales y automáticos como los que se explican a continuación:

- **Lavado manual:** el lavado manual o también llamado “box de lavado” se compone de un compresor que impulsa el agua y una pistola de lavado con la que se debe lavar el coche y luego se enjuaga. Se estima que el lavado medio por box puede ser de 7 coches/hora por pista. En cada lavado se cuenta aproximadamente con que 2,5 min son para el lavado con agua caliente (descalcificada, con jabón), 1,5 min son para el enjuague con agua de red o pozo (agua sin

descalcificar) y 1,5 min para el enjuague final con agua desmineralizada. El caudal de las bombas (tanto de agua caliente, red o pozo y desmineralizada) es de aproximadamente 11 l/min.

El lavado mecánico puede ser de dos tipos:

- **Puente de lavado:** en el que una estructura con rodillos de cepillos y boquillas de agua a presión se mueve hacia delante y detrás del coche, el cual permanece estático. Se estima que el lavado medio por puente es de unos 10 coches/hora. En este tipo de instalaciones se consumen aprox.100 l/coche en la fase de lavado (con detergente) con agua de red, pozo o reciclada. En la fase final de enjuague con agua de red o desmineralizada se consumen unos 25 l/coche. Si se enjuaga con agua desmineralizada hay que tener en cuenta que para generar en las membranas de osmosis 25 l de agua desmineralizada hay que verter al desagüe otros 25 l de rechazo (este valor puede variar en función de las características del agua)
- **Túnel o tren de lavado:** en el que el coche es transportado automáticamente por el interior de un túnel en el que están dispuestos los rodillos de cepillos y las boquillas de agua a presión. El número de coches/hora que lava un tren es muy variable según el modelo de máquina, pudiendo ir desde 20 coches hora hasta 100 coches hora. El consumo de agua también es muy variable debido a la gran variabilidad de configuraciones que pueden darse (más o menos módulos de cepillos, altas presiones, lavados de bajos).

Tanto boxes como puentes de lavado funcionan en su mayoría como autoservicios. Es decir, habitualmente no se necesita la presencia de ningún operario para poder realizar el lavado del vehículo. Sólo será necesario el personal encargado del mantenimiento de la instalación. No obstante, en el caso de los boxes de lavado, es el propio usuario el que está expuesto al aerosol. El caso de los trenes de lavado es diferente, aunque el lavado sea mecánico, necesita de la presencia de personas para introducir el coche en la

pista de lavado e incluso como paso previo al lavado, para ablandar la suciedad con una pistola de agua a presión.

En las figuras siguiente se describe el diagrama completo del circuito hidráulico de estas instalaciones utilizando un biocida.

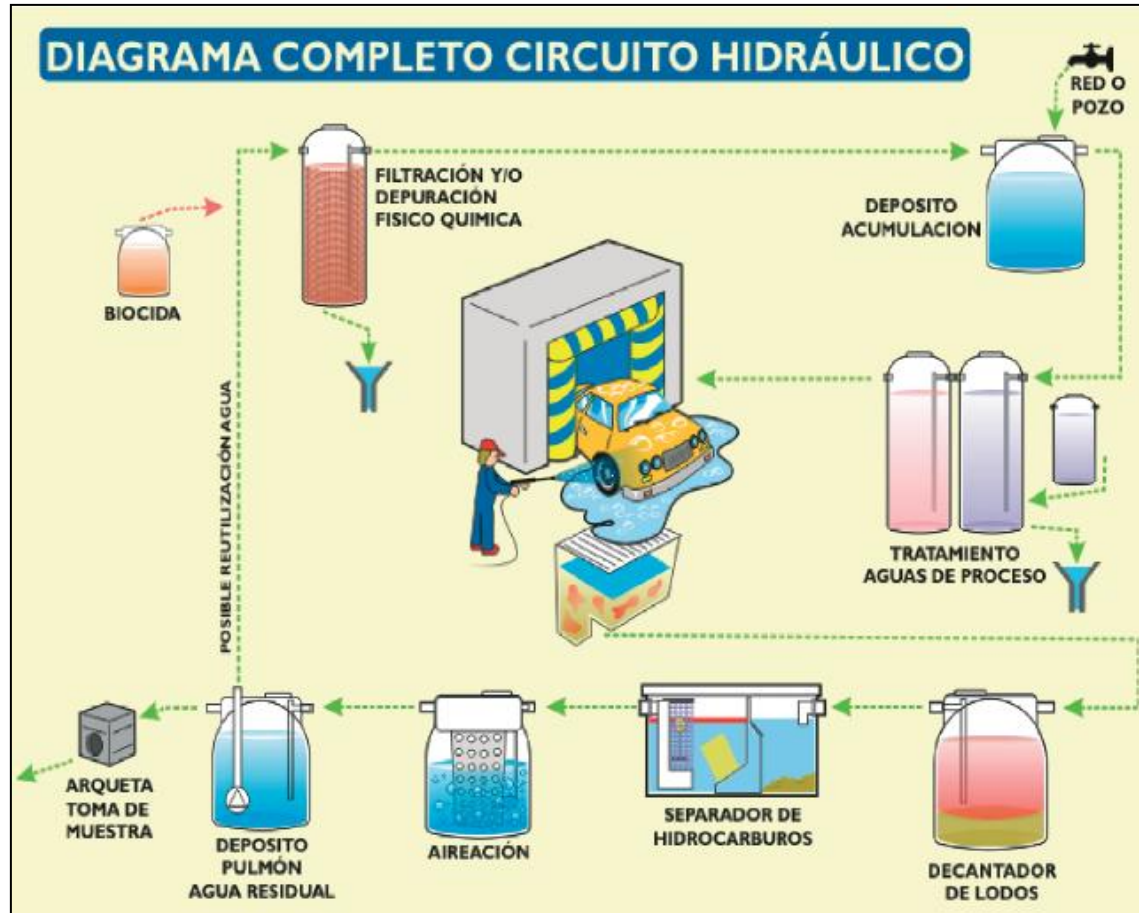


Figura 1 Diagrama de circuito hidráulico de un lavadero de coches

Por otro lado centrándose en vehículos de alto tonelaje empleados en construcción movimiento de tierras y especialmente en minería es habitual ver estos vehículos con grandes cantidades de barro, polvo, y grasas procedentes del trabajo en condiciones adversas y de sus mecanismos hidráulicos, los cuales pueden acelerar el proceso de envejecimiento de sus componentes y sobre todo dificultar las labores de mantenimiento de estos vehículos.

En estos últimos años se han diseñado lavaderos especialmente dirigidos a vehículos de grandes dimensiones como camiones autobuses y trenes en los que se están empleando diferentes tecnologías y sistemas hidráulicos para adaptarse a sus necesidades de limpieza como se podrá ver en las siguientes ilustraciones:





Figura 2 Cabina de lavado de camiones



Figura 3 Cabina de lavado de trenes.

Aquí cabe destacar algún avance en cuanto a los sistemas utilizados para la limpieza de vehículos pesados de obra y minería que es en lo que el presente proyecto se centra. Actual mente se sabe que existen pistolas de chorros de



agua con alta presión y caudal, las cuales son dirigidas por operarios, los cuales las dirigen a las zonas con más necesidad de limpieza de los vehículos. Estas pistolas se encuentran en las proximidades de las cocheras donde se guarda la maquinaria de trabajo o donde se les realiza las labores de mantenimiento muy frecuentes en estos vehículos que están expuestos a trabajos realmente duros. A continuación se muestran este sistema en funcionamiento



**Figura 4 Operario lavando una pala Caterpillar de minas.**



**Figura 5** Pistola a presión lavando un camión de minería.

En el siguiente apartado se muestran los objetivos que se marcan en este proyecto para realizar una modernización y mejora del sistema de lavado de maquinaria pesada combinando conocimientos existentes y adaptándolos para estos vehículos pesados.

#### **2.4. Objetivos del proyecto**

Como objetivo principal se sostiene la realización de una estructura de lavado compuesta por una nave donde se alberga el diseño de tuberías y boquillas de lavado a través de las cuales pasaran los vehículos, se pretende realizar un diseño lo más ergonómico posible con lo que se barajaran diferentes alternativas, queriendo decir con esto que cabe la posibilidad de adaptar a diferentes modelos de Caterpillares. Se planteara la opción de realizar una automatización de la cabina de lavado con el fin de optimizar la cabina como en el caso de un puente de lavado o un tren de lavado. Aquí se plantearan las limitaciones constructivas que marcarán el diseño definitivo.

En cuanto al suministro eléctrico solo se incluirán las necesidades de potencia que demandara la cabina de lavado. Casi con total seguridad la ubicación de la cabina de lavado obligara a que el suministro eléctrico se realice mediante generado dadas las situaciones geográficas en las que se encuentran las minas.

La instalación hidráulica estará compuesto por: sistema de captación de agua, un grupo de bombeo del agua de lavado, la estructura de tuberías y boquillas de lavado que se empleara y el sistema de recogida y tratamiento de aguas y fangos que quedan atrás una vez lavados el vehículo.

En cuanto a la nave se diseñara una estructura simple mediante el software Cype para albergar el sistema de lavado, los grupos de bombeo hidráulicos y la paramenta eléctrica que sea necesaria. Aquí se incluirán los cálculos de cimentación. En cuanto a estructura simple se refiere a una nave a dos aguas con paredes laterales y sin paredes en su parte frontal y posterior.

## **2.5. Ubicación**

El proyecto no se centra en la realización de una construcción de la cabina de lavado en un emplazamiento en particular sino que se desarrolla para permitir su construcción en cualquier ubicación, aunque si está pensada para un emplazamiento cercano a las cocheras de la maquinaria. Por estos motivos los sistemas de suministro eléctrico y captación de agua pueden sufrir modificaciones. En cualquier caso se considera la captación del agua de una balsa próxima ya que este suele ser el método clásico de suministro de agua en estos lugares.

## **2.6. Normas y referencias.**

### **2.6.1. Disposiciones legales y referencias.**

#### **2.6.1.1. Normas referentes a la redacción.**

- UNE 157001:2002 Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- UNE 1032 Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 1035 Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.
- UNE 1039 Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
- UNE 1135 Dibujos técnicos. Lista de elementos.
- UNE-EN ISO 5455- Dibujos técnicos. Escalas.

#### **2.6.1.2. Normas referentes al proyecto.**

- UNE-EN 1085:2007 Tratamiento de aguas residuales.
- UNE-EN ISO 5667-13:2011 Calidad del agua.

- UNE-EN ISO 5814:2013 Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto
- UNE-EN ISO 15874 - Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polipropileno (PP). PEX.
- UNE EN 10025-3 Productos laminados en caliente, para construcciones metálicas. Aceros soldables y de grano fino suministrados en estado normalizado o laminado de normalizado.
- UNE EN 10210 Productos de acero huecos para la construcción acabados en caliente.
- UNE-EN ISO 14555:2008 Soldeo al arco de espárragos de materiales metálicos.
- DIN 51524 Parte 2 Sistemas hidráulicos.
- UNE-EN 10021:2008 Condiciones técnicas de suministro generales para los productos de acero.
- UNE-EN 1011-1/A1:2002 Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos. Parte 1: Guía general para soldeo por arco.
- UNE-EN 1011-3:2001 Recomendaciones para el soldeo de materiales metálicos. Parte 3: Soldeo por arco de aceros inoxidables.

### 2.6.2. Bibliografía.

#### 2.6.2.1. Libros.

- [1] Resistencia de materiales, Luis Ortiz berrocal.
- [2] Prontuario acero estructural, ENSIDESA.
- [3] Ingeniería gráfica y diseño, Jesús Félez & María Luisa Martínez
- [4] Documentación de la asignatura Urbanismo Industrial.
- [5] Claudio Mataix - mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas.
- [6] Documentación de la asignatura Ingeniería para el medio ambiente – Prof: Ruben Lostado Lorza.
- [7] Documentación de las asignaturas del Máster en Ingeniería industrial de la Universidad de la Rioja.

#### 2.6.2.2. Webs.

- [1] [www.aenor.es](http://www.aenor.es)
- [2] [www.boe.es](http://www.boe.es)

- [3] [www.traceparts.com](http://www.traceparts.com)
- [4] <http://www.cat.com>
- [5] <https://grabcad.com>
- [6] <http://aqua-ambient.com>

### 2.6.3. Programas informáticos.

Para la realización del proyecto se han utilizado los siguientes programas de apoyo informático, con los que se han generado diseños en 3D para la visualización de la Cabina de lavado y las diferentes estructuras que la conforman

- [1] Microsoft office
- [2] Catia V5 R20
- [3] Autocad 2013
- [4] Cype
- [5] Presto
- [6] Abaqus CAE

## 2.7. Restricciones y limitaciones de partida.

### 2.7.1. Restricciones en relación a las dimensiones

El diseño de la cabina de lavado debe de realizarse acorde a las dimensiones de la maquinaria de mayor tamaño para la que está dirigido el proyecto. De este modo se estudiarán las dimensiones de los diferentes modelos de Caterpillares y derivados que más se emplean en la industria minera con el fin de garantizar el mejor lavado posible.

Por ello se debe de plantear la cabina de lavado con las dimensiones del CATerpillare 797F.





Figura 6 Caterpillare 797F – Vista general.



Figura 7 Alzado Caterpillare 797F – Vista frontal.

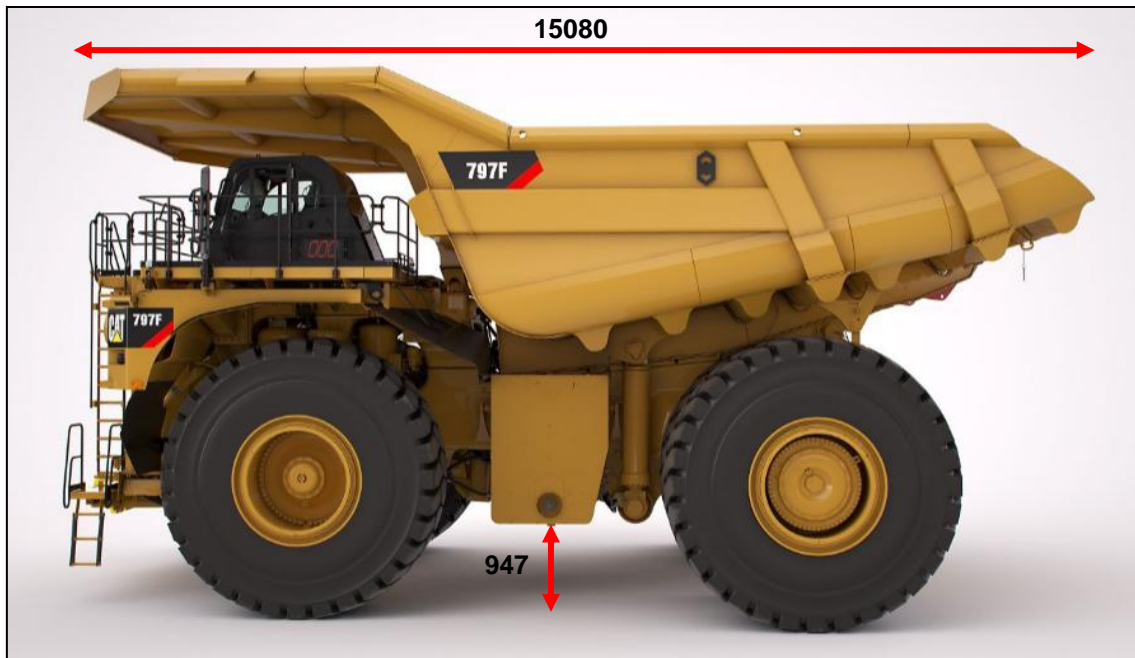


Figura 8 Perfil Caterpillare 797F – Vista lateral.

Referencia:	Dimensiones
Altura del techo delantero: vacío	7709.0 mm
Altura libre sobre el suelo con carga	786.0 mm
Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS: vacío	6526.0 mm
Longitud total de la caja	14802.0 mm
Longitud interior de la caja	9976.0 mm
Longitud total	15080.0 mm
Distancia entre ejes	7195.0 mm
Distancia desde el eje trasero hasta la cola de la máquina	3944.0 mm
Altura libre de descarga	2017.0 mm
Altura de carga: vacío	6998.0 mm
Profundidad interior máxima de la caja	3363.0 mm
Altura total con la caja levantada	15701.0 mm
Distancia entre los ejes centrales de los neumáticos exteriores delanteros	6534.0 mm
Espacio libre en la defensa del motor: completo	1025.0 mm
Anchura total del techo	9116.0 mm
Anchura exterior de la caja	9755.0 mm
Anchura interior de la caja	8513.0 mm
Altura libre en el eje trasero: completo	947.0 mm
Distancia entre los ejes centrales de los neumáticos gemelos traseros	6233.0 mm

Anchura total entre los neumáticos traseros	9529.0 mm
---	-----------

**Figura 9 Dimensiones Caterpillare 797F.**

De este modo la cabina de lavado podrá ser utilizada para cualquier otro vehículo de dimensiones inferiores.



**Figura 10 730C2 EJ**



**Figura 11 D11T/CD**

### **2.7.2. Restricciones en relación a la estructura de lavado**

Las dimensiones de la estructura de tuberías y boquillas de lavado con la demanda de caudal que conlleva, también presentan una limitación ante el diseño y frente a posibles solución de un puente de lavado o la de emplear un túnel de lavado.

### **2.8. Soluciones propuestas.**

A continuación se presentan los estudios que se han realizado para determinar el mejor modelo de cabina de lavado por sus requisitos especiales. Como se podrá ver el hecho de estar manejando unas dimensiones de estructura de lavado tan grande y con el caudal y presión que demanda el proceso, presentan un inconveniente a la hora de dar la posible mejor solución



### 2.8.1. Cabina de lavado basada en puente de lavado.

Las dimensiones de los vehículos a lavar obligan a construir una estructura de tuberías y boquillas de lavado muy grande lo que conlleva un gasto grande de tuberías y componentes para realizar el diseño. Por este motivo se plantea una solución posiblemente más económica que se basa en un único pórtico que bordea las dimensiones máximas de anchura y altura establecidas. Este pórtico se encuentra apoyado sobre unos carriles tipo cremallera por los que se mueve completando la longitud máxima. Para realizar este movimiento se plantea incorporar un motor eléctrico con un pequeño programa de lavado y sensores final de carrera para garantizar un lavado completo.

Inconvenientes:

1. El sistema debe de reforzarse ante un posible vuelco de la estructura, por la altura que tiene y los movimientos laterales que debe de realizar.
2. Se debe de incluir un sistema que limpie constantemente el carril o cremallera por la que el motor efectúa su movimiento.
3. La estructura debe de recibir el suministro de agua de lavado por una manguera la cual debido al caudal necesario y la presión es de un diámetro considerable con el problema de tener una manguera que debe moverse o enrollarse a la vez que el puente de lavado recorre la longitud del vehículo.

Se ha realizado un pequeño diseño aproximado al aspecto final que presentaría esta solución para la cabina de lavado de maquinaria pesada, como se puede ver en las siguientes imágenes la cabina podría ser utilizada para el lavado de todo tipo de maquinaria con dimensiones menores.

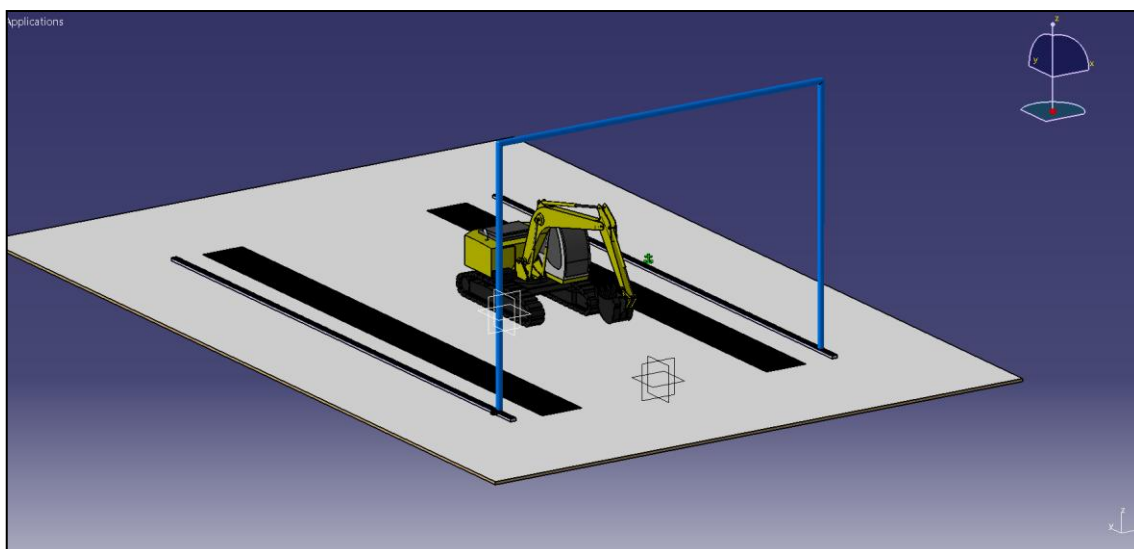


Figura 12 Vista general cabina de lavado solución puente de lavado.

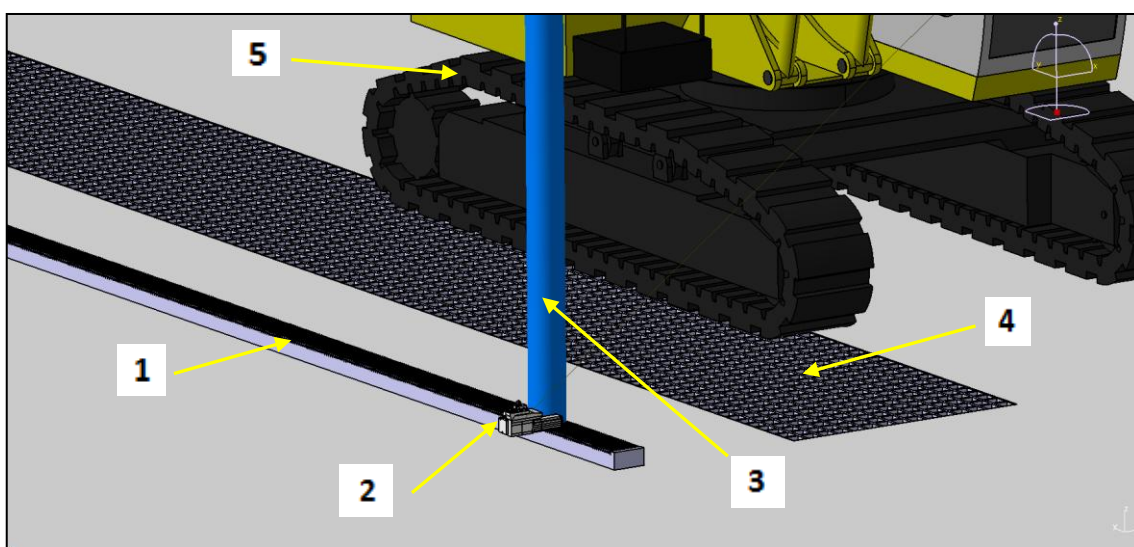


Figura 13 Componentes principales cabina como puente de lavado.

1. Carril piñón cremallera: esta variante de la cabina de lavado presenta dos carriles por los que se desplaza la estructura mediante motor y piñón. Este mecanismo dispone de sensores final de carrera para el cambio de giro del motor.
2. Motor: se precisa de un solo motor eléctrico instalado en uno de los dos carriles ya que en el otro si incorporara una rueda.
3. Puente o estructura de tuberías: son las tuberías por las que circula el agua de lavado, en ellas se incorporan una serie de boquillas que regulan la dirección del chorro de agua pudiendo abarcar una mayor superficie de lavado.

4. Rejillas: la base de la cabina de lavado incorpora un sistema de rejillas por las que se recoge el agua tras el lavado para pasar al sistema de tratamiento de aguas antes de devolverla de nuevo a la balsa.
5. Vehículo: la maquinaria a lavar debe de posicionarse lo más centrada posible para mejorar el lavado.

#### **2.8.2. Cabina de lavado basada en túnel de lavado.**

Este diseño se basa en una estructura de tuberías y boquillas fija de tal modo que es el vehículo el que se coloca entre la estructura para que se realice el lavado. El diseño está pensado para que la cabina llegue a todas las partes del vehículo en especial a aquellas que son más dadas al acumulamiento de suciedad. Por este motivo se incorpora a la parte inferior un conjunto de boquillas que son las encargadas de lavar toda la parte inferior de los vehículos, que por su proximidad al suelo y más factores son las más necesitadas. Además la parte inferior, entre las ruedas, en los diferenciales así como en los sistemas de frenado y suspensión son los lugares a limpiar con mayor necesidad debido a un mantenimiento o una inspección de su estado.

De este modo aunque se realizara el mejor lavado general no se espera tener un perfecto lavado del cazo de carga ya que es una parte que no importa su estado.

En cualquier lugar los problemas para obtener el mejor diseño aparecen.

Inconvenientes:

1. El incremento de metros de tubería y del número de boquillas conlleva el aumento del presupuesto.
2. Realizar una estructura que garantice el lavado general y un lavado en detalle de las zonas críticas.
3. Aumento del caudal necesario por segundo

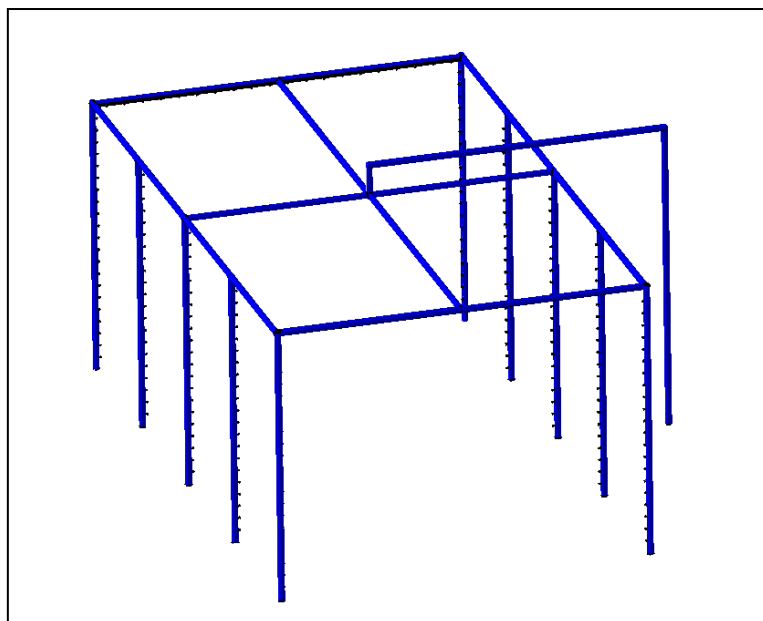


Figura 14 Cabina de lavado basa en túnel de lavado.

## 2.9. Diseño Seleccionado.

Por el hecho de no encontrar o garantizar un funcionamiento correcto con el sistema de puente de lavado se decanta por la realización de la estructura en base a un túnel de lavado.

De este modo aunque en un primer momento, la idea de realizar una especie de pórtico que recorriese la longitud de los vehículos parecía la mejor opción, el hecho de llevar el diseño a la práctica ha presentado muchas más dificultades de las que se creía. Como ya se comentó en apartados anteriores además de contar con el problema de la gran altura de este pórtico y su riesgo de volcado, se trabajaba con un problema peor, como hacer que la estructura recibiese la cantidad de agua demandada para su correcto funcionamiento, por medio de una manguera o tubería flexible. Tras consultar diversos catálogos y hablar con expertos se vio que las necesidades de flexibilidad se conseguían con un gran caudal pero no se garantizaba una alta presión.

En definitiva se presenta como mejor alternativa el diseño de la estructura fija propia de un túnel de lavado. En los apartados siguientes se puede ver en detalle el aspecto y las características del diseño elegido. Además se definirán con exactitud todos los componentes que permitirán que la cabina de lavado funcione correctamente y garantice que el agua tras su uso, no sea devuelta a la naturaleza en malas condiciones. A continuación se muestra una

representación 3D del conjunto de equipos y estructuras que conforman la cabina de lavado de maquinaria de alto tonelaje/pesada.

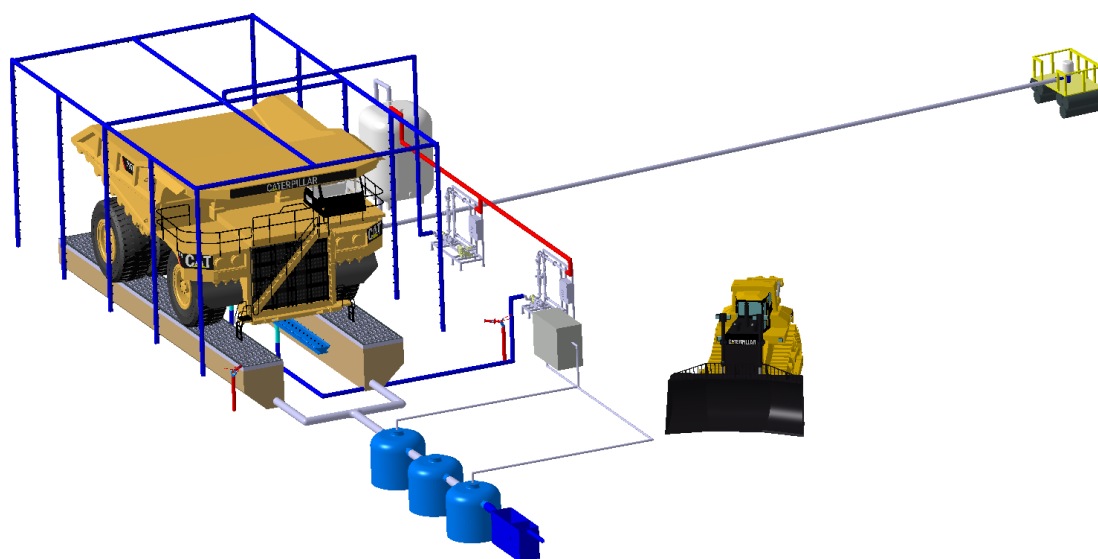


Figura 15 Representación 3D del aspecto final de la "CLMP"

## 2.10. Diseño estructural.

A continuación se expone de manera detallada todos los elementos que componen la cabina de lavado de maquinaria pesada y el proyecto en sí, de este modo se comienza explicando el diseño de tuberías y boquillas por el que se ha optado dado que garantiza el mejor lavado general. Tras este punto se dan las características de la nave en acero que cubre la cabina de lavado y otros componentes de esta. Por otro lado se tiene el sistema de suministro de agua donde se explica el bombeo desde la balsa de suministro y a través del sistema de tuberías que conforman el lavadero. Continuando se sigue el flujo del agua una vez ha sido empleada para el lavado de vehículos y se establecen todos aquellos componentes y equipos necesarios para devolver el agua a la balsa de captación garantizando la eliminación de sedimentos y contaminantes que haya podido adquirir. Por último se darán las necesidades energéticas que precisa la cabina de lavado.

### 2.10.1. Sistema de lavado de maquinaria pesada.

En este punto se definen con la mayor claridad posible las partes que conforman únicamente el sistema de lavado, donde se pueden clasificar las siguientes partes:

- Sistema de tuberías de la cabina de lavado.

- Equipo de limpieza de bajos.
- Boquillas de lavado.
- Grupo de bombeo de agua de lavado.

#### 2.10.1.1. *Sistema de tuberías de la cabina de lavado.*

El sistema o estructura de tuberías de la cabina de lavado comienza a la salida del equipo de bombeo del agua de lavado. El diseño está enfocado al lavado de camiones CAT 797F dadas las dimensiones de la estructura. Por este motivo no impide su utilización para vehículos de menor tamaño que precisen un lavado.

La cabina recibe el agua desde la parte superior de su estructura, esta baja por gravedad y por la presión aportada por el grupo de bombeo de agua de lavado. Una vez el circuito de agua se encuentra lleno las boquillas son las encargadas de realizar el lavado dadas sus condiciones optimas de trabajo.

En la siguiente figura se presenta el diseño definitivo de la cabina de lavado.

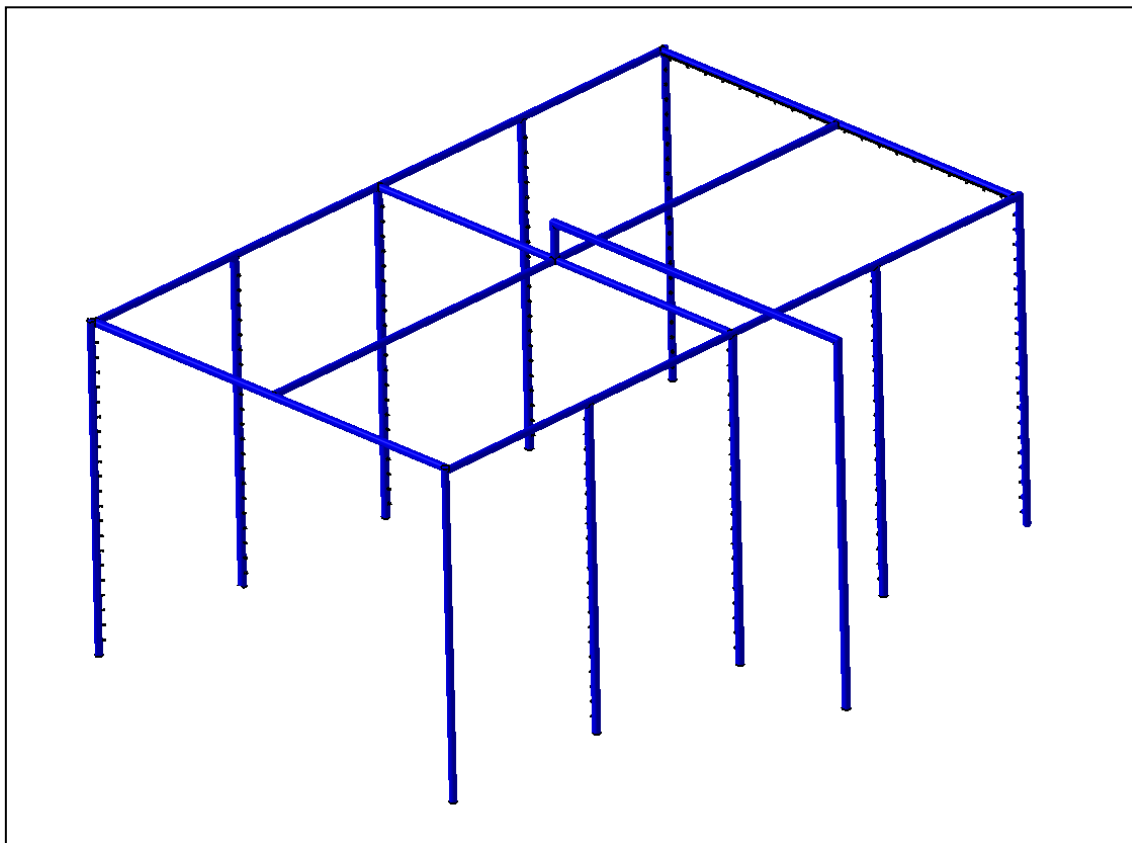


Figura 16 Estructura de tuberías y boquillas de la cabina de lavado.

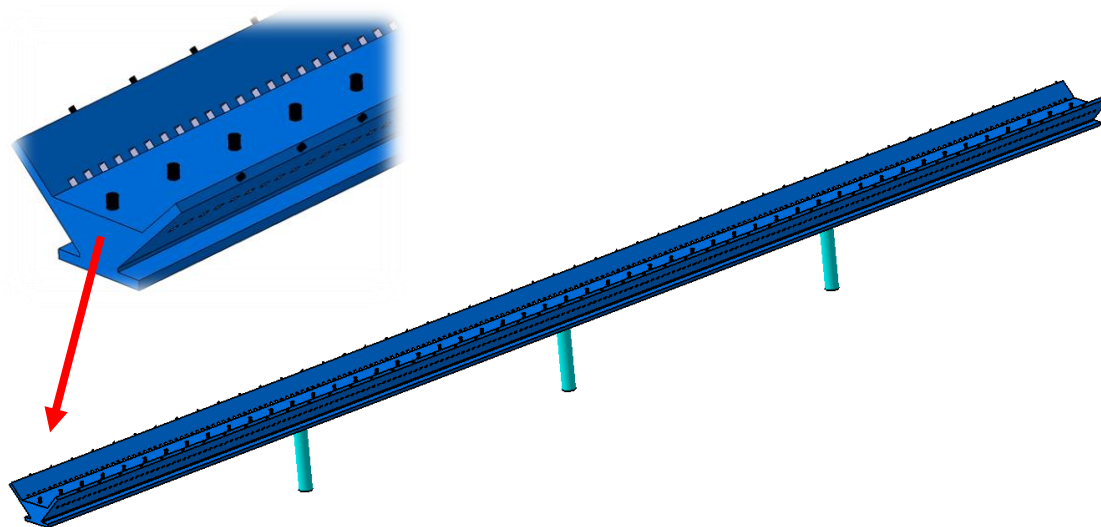
#### 2.10.1.2. *Equipo de limpieza de bajos.*

Con el fin de garantizar el mejor lavado posible de los camiones CAT y conociendo de antemano las condiciones en las que trabajan estos vehículos, se

incluye el sistema de limpieza de bajos en la cabina de lavado dada la cantidad de suciedad que en la parte inferior se adhiere.

De este modo se ha diseñado una estructura soterrada en el pavimento de la cabina que se compone de un conjunto de boquillas de limpieza con agua a presión las cuales están perfectamente posicionadas para realizar un lavado general de la barriga de estos camiones, eliminando barro, aceites y cualquier suciedad incrustada en los sistemas de frenado, transmisión, diferenciales, circuitos hidráulicos y todo tipo de componentes y recovecos que llevan estos vehículos.

Como se podrá ver en la siguiente figura para el caso del equipo de limpieza de bajos el aporte de agua se realiza desde la parte inferior del mismo por la red de tuberías que llega desde el grupo de bombeo.



**Figura 17 Equipo de limpieza de bajos.**

El conjunto se conforma por una serie de boquillas centrales con un arco de limpieza muy amplio entre los 40° y 60° grados y por otro lado unas boquillas laterales a ambos lados del equipo que presentan un menor tamaño pero con unas prestaciones de limpieza diferentes. Es posible realizar una puesta combinada de boquillas que en conjunto garanticen una total limpieza de toda la parte inferior de los camiones.

### 2.10.1.3. *Boquillas de lavado.*

Viendo las dimensiones del proyecto hay que destacar uno de los componentes más pequeños y más importantes que conforman la cabina de lavado, las boquillas de agua a presión donde para el presente proyecto se han establecido unos modelos en particular dependiendo de la posición de las mismas.

Comenzando con las boquillas de la estructura superior de tuberías encargadas de realizar la limpieza periférica de los vehículos se a seleccionada unas boquillas de chorro difuminado que abarcan una gran superficie de lavado. Este modelo se presenta en la primera de las figuras que podemos ver a continuación. Además de este modelo se intercalaran boquillas giratorias como las de la segunda figura que aportan un lavado más general pero con chorros más directos. Otro detalle a tener en cuenta es la dirección de las boquillas así pues las boquillas de las tuberías que conforman las esquinas se encontraran giradas para proyectar el agua a la parte frontal y lateral del vehículo. Lo mismo ocurre con las boquillas de la parte superior frontal y posterior.



**Figura 18 Boquillas de chorro difuminado.**





Figura 19 Boquillas giratorias.

De la misma manera que para la estructura superior, para el equipo destinado a la limpieza de los bajos, se realiza una combinación de boquillas con el fin de mejorar la limpieza. Ya que al combinar diferentes modelos las prestaciones obtenidas son infinitamente mejores.

#### 2.10.1.4. *Cañones de lavado.*

Como se muestra en la siguiente ilustración, se incorporan dos cañones de agua a alta presión. Esta agua proviene del grupo de bombeo destinado al sistema de limpieza de bajos. Su principal finalidad es la de acceder a aquellas zonas que hayan podido quedar con algún que otro resto. Dado a que se encuentran fijados a unos soportes y que disponen de un cabezal móvil en 360° podrán ser fácilmente manipulados por cualquier operario.

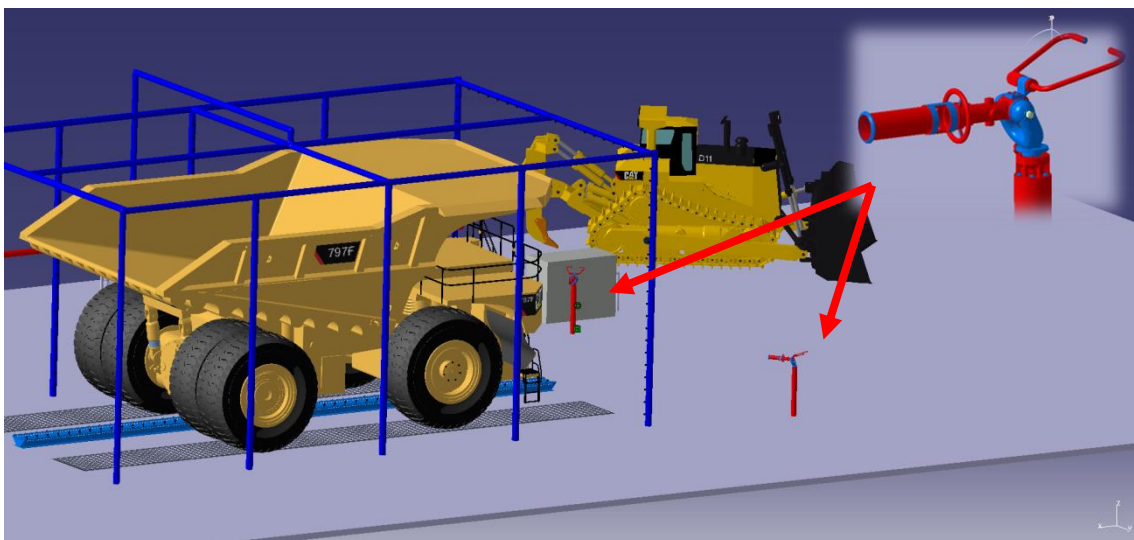


Figura 20 Cañones de lavado.

Como ya se ha dicho su función principal es de reforzar al sistema de lavado sin expectativas iniciales de su necesidad de uso.

### 2.10.2. Nave en acero.

Una vez se conocido el diseño de la cabina de lavado ha sido posible realizar el dimensionamiento de la nave. Para la realización de los cálculos se emplea el software Cype. Hay que destacar que el dimensionamiento de los perfiles de la estructura de la nave en acero puede cambiar dadas las condiciones geográficas en las que se encuentre el emplazamiento de la cabina de lavado para maquinaria pesada.

En cuanto a las aperturas o huecos de la nave, no se construirán paredes o puertas en la parte frontal y posterior, solamente se elevarán paredes laterales con huecos para ventanas con el fin de aprovechar al máximo la luz solar.

A continuación se describen las características de la nave suponiendo una ubicación al azar.

- Dimensiones de la nave: 20x40x10 y altura de cumbrera 14. Se ha decidido incorporar vanos de 5 m de longitud por lo que se tendrán 8 vanos y 9 pórticos. A continuación se muestra una representación 3D de la nave.

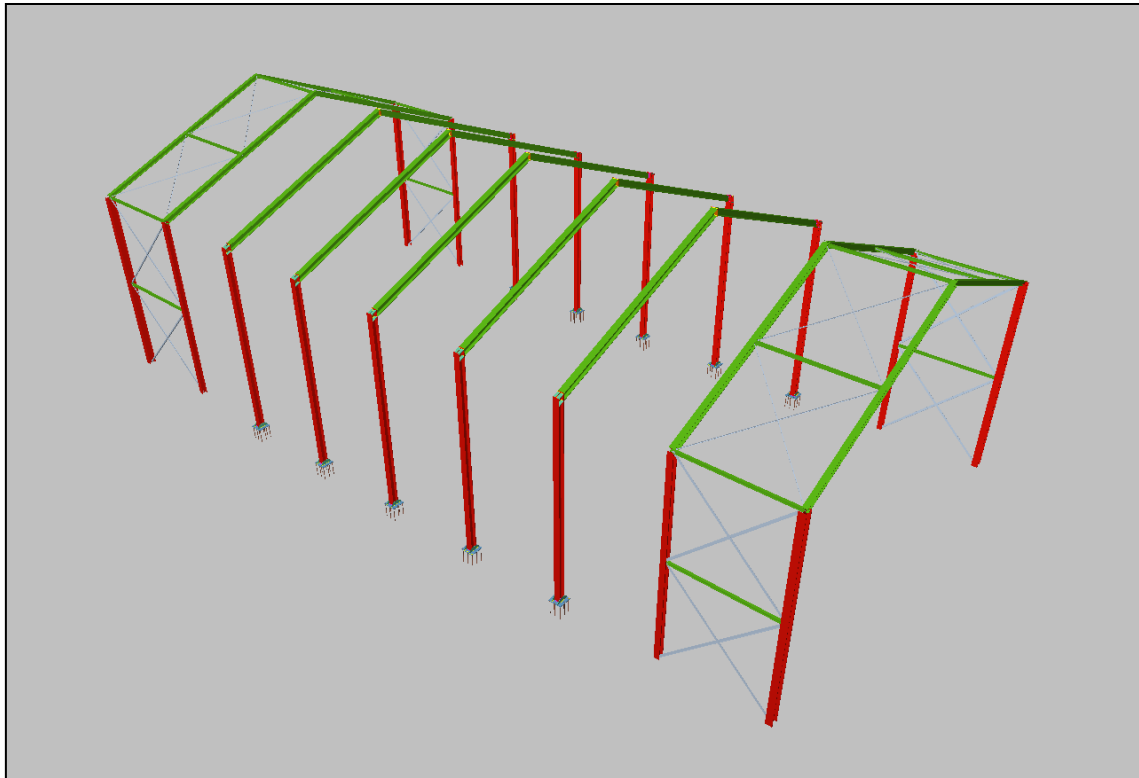


Figura 21 Diseño final, nave en acero.

- Sobrecarga de uso: grupo G (cubierta accesible únicamente para conservación) variante G1 (Cubierta ligera sobre correas sin forjado).

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> <sup>(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 22 Valores característicos de la sobre carga de uso.

- Ubicación: Albacete

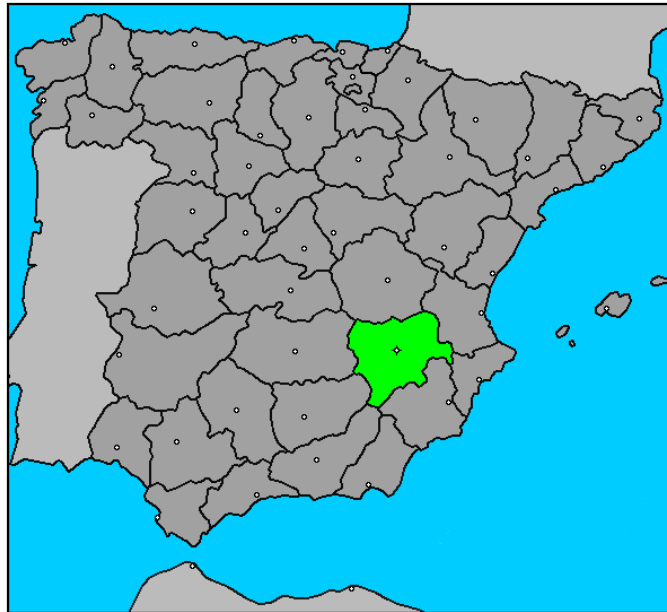


Figura 23 Ubicación del proyecto / Nave.

- Cerramiento de la cubierta: panel tipo sándwich de espesor 80 mm y un peso de  $0.191 \text{ KN/m}^2$ . Se ha seleccionado este material ya que es trata de un compuesto muy ligero y económico.

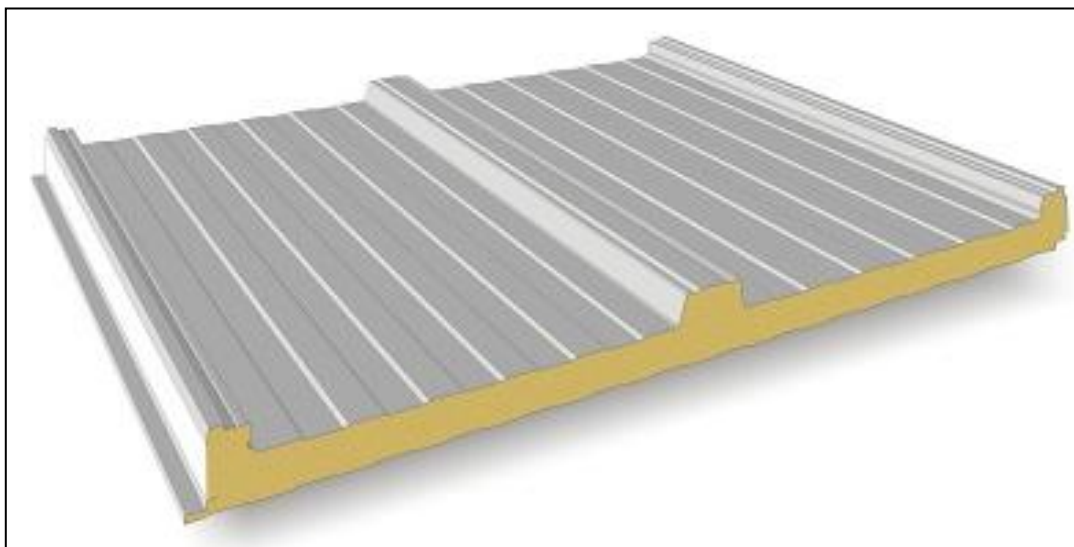


Figura 24 Cerramiento de la cubierta panel tipo sándwich.

- Cerramientos laterales: losas de hormigón prefabricado, como se puede ver en la siguiente figura, el peso de estos cerramientos laterales no es soportado por los pilares sino que este va directo al suelo.



**Figura 25 Cerramientos laterales, losa de hormigón prefabricada.**

En los anexos se dedica un apartado a los cálculos realizados en el dimensionamiento de la estructura. Aquí se podrá observar todos y cada uno de los pasos realizados ayudado como ya se ha mencionado por la herramienta Cype. En un primer lugar veremos algunos de los datos generales de la obra que ya conocemos y a continuación se presentará detalladamente el dimensionamiento de las correas, barras y tirantes así como el dimensionamiento de cada una de las uniones. Para terminar se realiza un cálculo de las zapatas que como veremos estas se obtienen con unas dimensiones más grandes de lo normal debido a los huecos y a las fuertes cargas de succión.

### **2.10.3. Bombeo de suministro de agua desde balsa.**

Para este punto se ha optado por la instalación de una bomba vertical sobre flotadores, esta será la encargada de transportar el agua hasta el depósito junto al grupo de bombeo de agua de lavado. El propio fabricante incorpora una



unidad de filtrado del agua de bombeo. De este modo se asegura que el agua que se recibe en el depósito está libre de sólidos en suspensión. Para este proyecto se da la necesidad de incorporan esta bomba de agua para suministro pero en otros proyectos donde se precise la instalación de una cabina de lavado de maquinaria pesada el medio por el cual se da suministro al grupo de bombeo de agua de lavado puede ser diferente ya se realice desde una acometida de agua, desde un pozo u otras variantes.

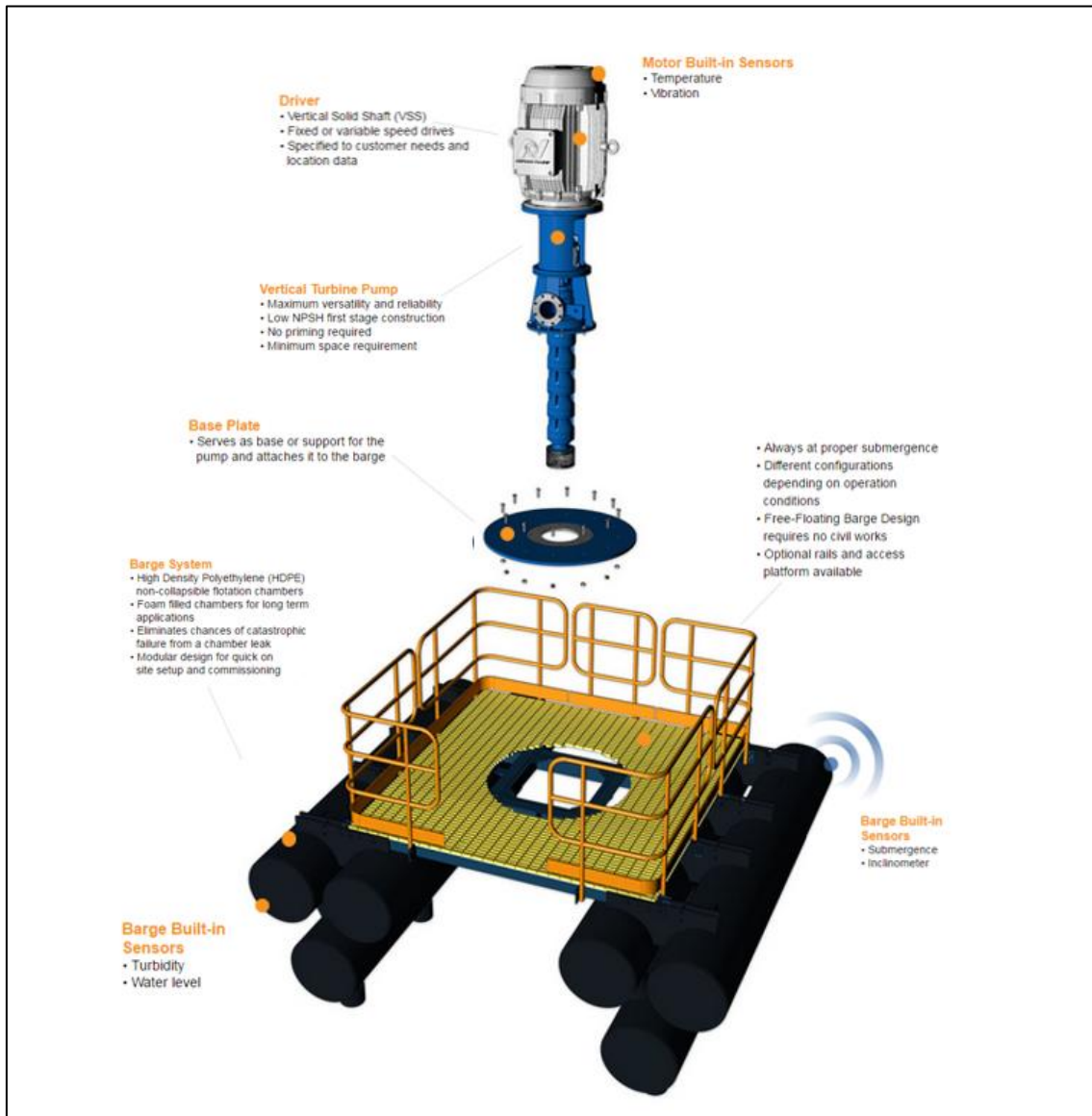


Figura 26 Bomba desde balsa de suministro.

Dadas las necesidades de caudal basta con el modelo más pequeño que nos suministra Neptune Pumps.

### NEREUS™ (Modelo Pequeño)

Caudal hasta 100 (m<sup>3</sup>/h) 1.666 (L/min) (440 gpm)

Altura hasta 70 (m) (230 Feet)

Potencia hasta 60 (kW) (80 hp)

### DISEÑO

- No requieren ser Cebados
- Rodetes Balanceados Axialmente Disponibles
- Sello Mecánico o Caja de Prensa
- Caja de Rodamientos Independiente para Empuje Axial Disponible.

### MATERIALES

- Bronze, Cast Iron, Carbon Steels
- Stainless Steels - 316, 317 SS
- Duplex - 2205
- Super Duplex - 2507
- Super Austenitic - 254 SMO, 654 SMO
- Nickel-Based Super Alloys - Hastelloy.

Por otro lado comentar que la instalación de esta bomba va equipada con un control automático de bajo coste con el que se mantendrá el depósito siempre entre un máximo y un mínimo con capacidad de gobierno por un operario en caso de fallo de alguno de sus sensores.



**Figura 27 Control automático de la bomba de llenado del depósito.**

A continuación se muestra el modelo de depósito a instalar justo al lado del equipo de agua de lavado. Depósito de 10.000 Litros. Las características se pueden ver en el pliego de condiciones del proyecto. Las dimensiones que se han seleccionado permiten que el transporte no se considere de carácter excepcional.





Figura 28 Depósito de agua para lavado.

#### 2.10.4. Equipos de bombeo del agua de lavado.

Se puede apreciar una gran diferencia con los equipos de bombeo de agua de lavado que podemos encontrar en cualquier lavadero de autos de las ciudades. Si se observa una unidad de bombeo de agua de lavado con detenimiento se puede ver cómo está formada por descalcificadoras, sistema de inyección de jabón, unidad de inyección de cera para abrillantado y muchos otros componentes que garantizan un acabado de muy alto detalle donde no se observara marca de agua alguna en la carrocería de los vehículos.

Puesto que el nivel de detalle que se desea obtener en el lavado de la maquinaria de minas no es de tal magnitud y en el que prima la robustez del equipo de bombeo frente a la sofisticación y el detalle que los productos de limpieza que este pueda incorporar al agua para su acabado, los equipos de bombeo que a continuación se muestran difieren mucho en el aspecto de una unidad convencional de lavado. A continuación se muestra una unidad de bombeo de agua para un lavadero convencional.



Figura 29 Equipo de lavado convencional.

Como ya se ha comentado el aspecto que tendrá el equipo aquí seleccionado se basará en una bomba o varias de altas prestaciones conectadas directamente a los conductos de tuberías que llevan el agua hasta las boquillas de lavado.

Las necesidades que debe de garantizar el grupo de bombeo como mínimo han de ser de: 1242 L/min y presión superior a los 100 Bar para el flujo de agua que se proporciona a la estructura de tuberías de limpieza superior y de 400 L/min con una presión superior a los 120 Bar para el sistema de limpieza de bajos. Cabe destacar que del sistema de limpieza de bajos se debe poder realizar un desvío para abastecer los cañones manuales con la posibilidad de eliminar posibles restos en zonas de difícil acceso.

De este modo se puede comparar el consumo de agua necesario para lavar un vehículo que oscila en torno a los 300 litros con los 2500 litros aproximadamente que serán necesarios para lavar el CAT 797F considerando un tiempo de lavado para el camión de 2 a 2,5 minutos.

Los equipos de bombeo que se han seleccionado son bombas de pistón del fabricante URACAN, estas unidades se caracterizan por garantizar unas presiones de fluido muy altas a la vez de garantizar un caudal considerable.

Para el sistema de limpieza de bajos se incorpora el modelo P3-45 Uracan, Una bomba capaz de expulsar 473 L/min a una presión de 150 bar. Puede trabajar a una presión máxima de 250 bar con un caudal de 292 L/min.



Figura 30 Bomba Uracan P3-45.

Esta bomba Uracan P3-45 permitirá al mismo tiempo abastecer los cañones de limpieza auxiliar que se incorporan al conjunto de la cabina de lavado de maquinaria pesada.

Acudiendo al mismo fabricante de bombas “URACAN” se opta por otro modelo de prestaciones superiores para la estructura de lavado superior. De este modo se ha seleccionado el modelo P5-80 Uracan que garantiza un caudal de 1575 Litros/min a una presión que oscila de los 100 a los 1600 bares. En cualquier caso cabe la posibilidad de aplicar modificaciones en los grupos de bombeo, pudiendo optar por la incorporación de dos bombas en serie de prestaciones inferiores con las que se cumpla el caudal demandado.



**Figura 31 Bomba Uracan P5-80**

#### **2.10.5. Sistema de tratamiento del agua de lavado.**

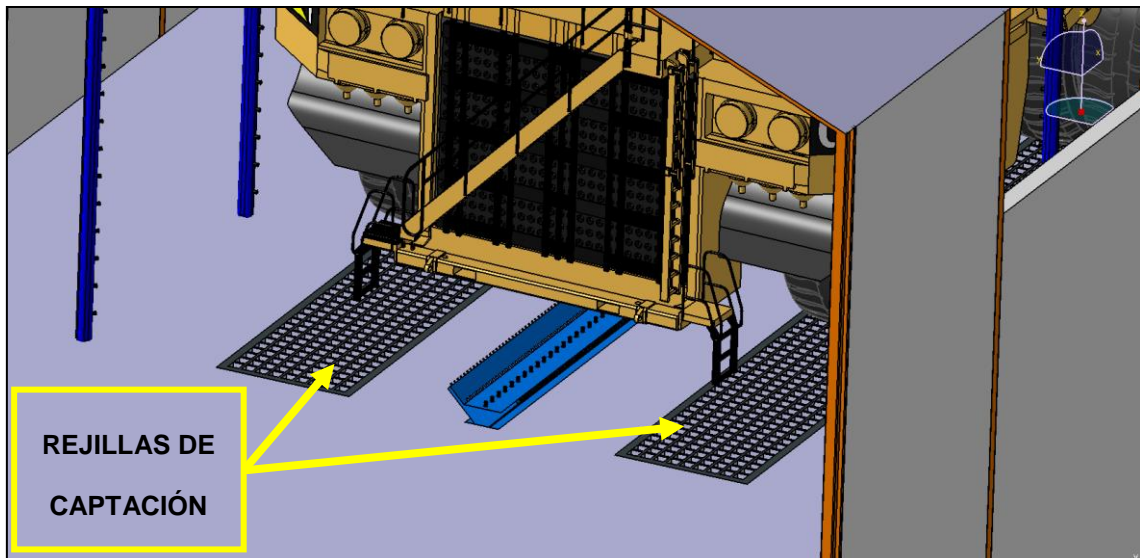
El agua que se obtiene una vez se realiza el lavado de las diferentes maquinarias es recogida y tratada. En el diseño actual de la cabina de lavado para maquinaria pesada toda el agua que se recoge es de nuevo devuelta a la balsa de suministro. Aunque cabe destacar que en muchas minas ya se dispone de una planta propia de tratamiento de aguas (Ver figura 19) en el presente proyecto se incorpora un pequeño sistema de tratamiento para el caso de que no sea así.





**Figura 32 Estación de tratamiento de aguas en mina.**

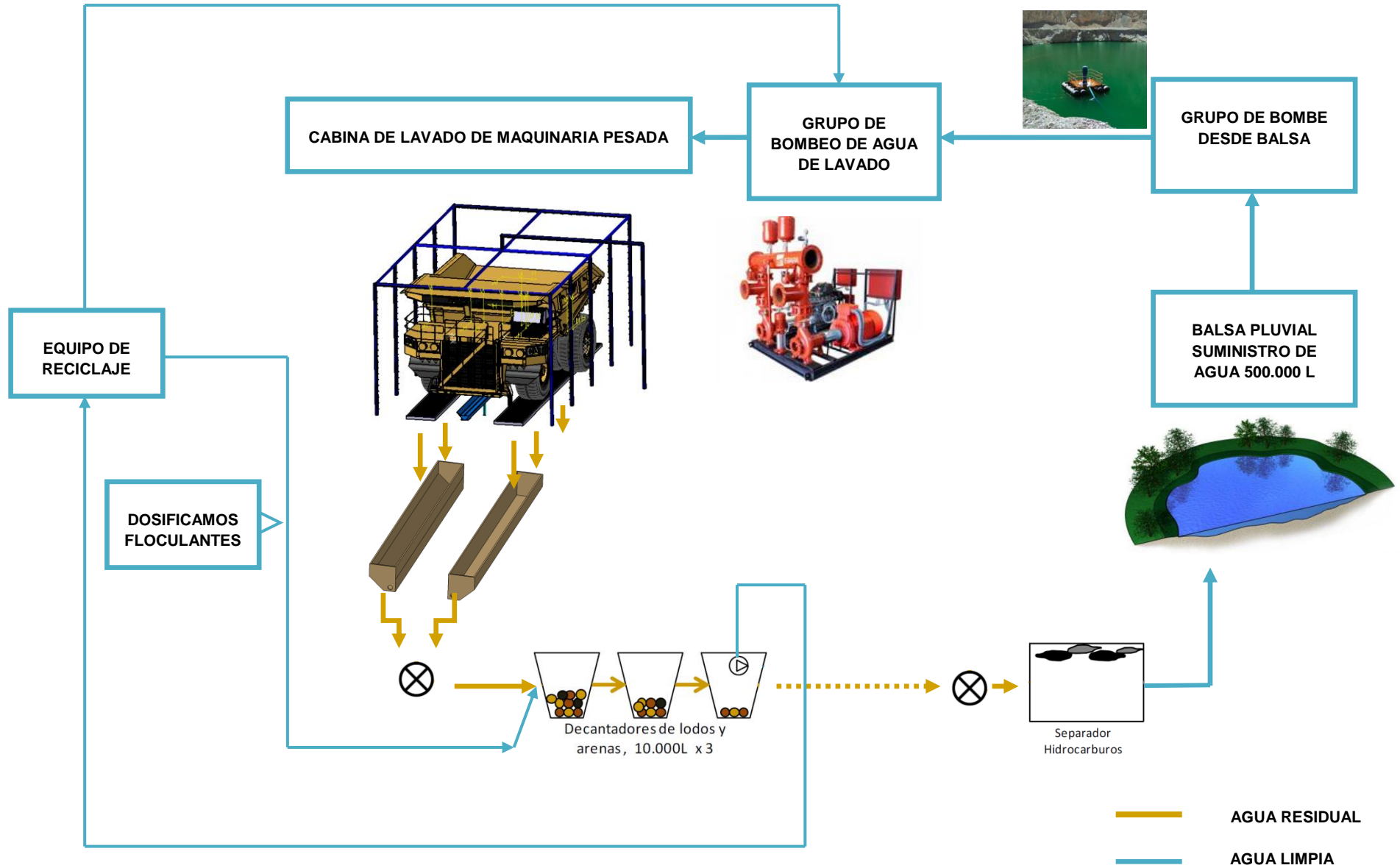
Como se puede ver en diferentes imágenes el agua con restos de tierra, aceites e hidrocarburos cae a través de las rejillas de acero que se encuentran en la parte inferior de la cabina. En la construcción de la cimentación para el pavimento se tendrá en cuenta una pequeña inclinación en dirección a este par de rejillas con el fin de recoger toda el agua posible. En la siguiente figura se muestran las rejillas de captación debajo del CAT 797F. Posteriormente se presentara un análisis detallado ante la resistencia de dichas rejillas debido a las solicitaciones a las que se expone debido al peso de la maquinaria a lavar.



**Figura 33** Rejillas de captación de agua residual.

El agua y suciedad que atraviesa las rejillas es recogida en dos grandes tolvas que la canalizan hasta los sistemas de depuración que se componen por:

- Decantadores de lodos y arenas
- Separador de Hidrocarburos
- Equipo de reciclaje
- Arquetas (arquetas de limpieza y muestreo)







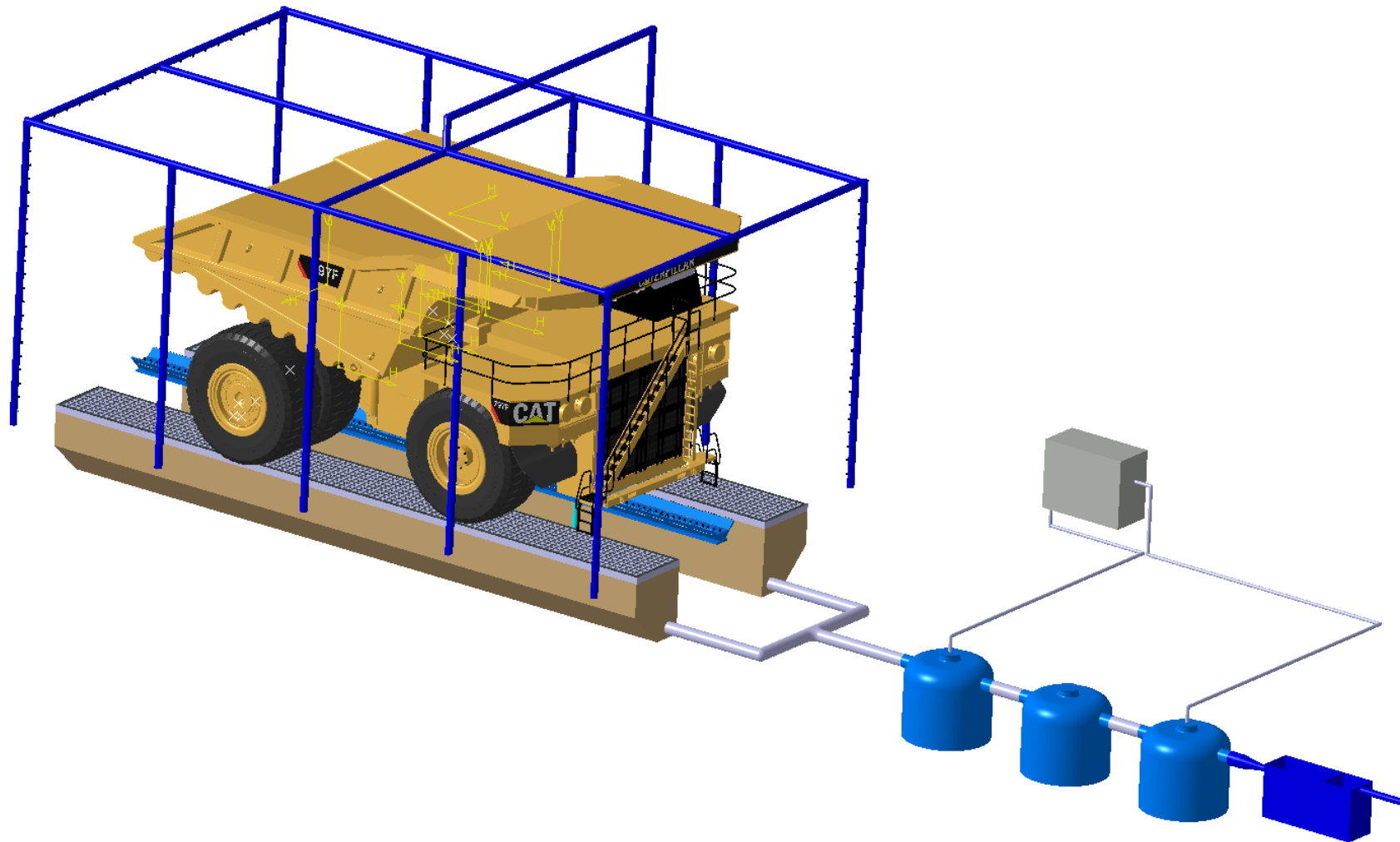


Figura 34 Esquema del sistema de tratamiento del agua de lavado



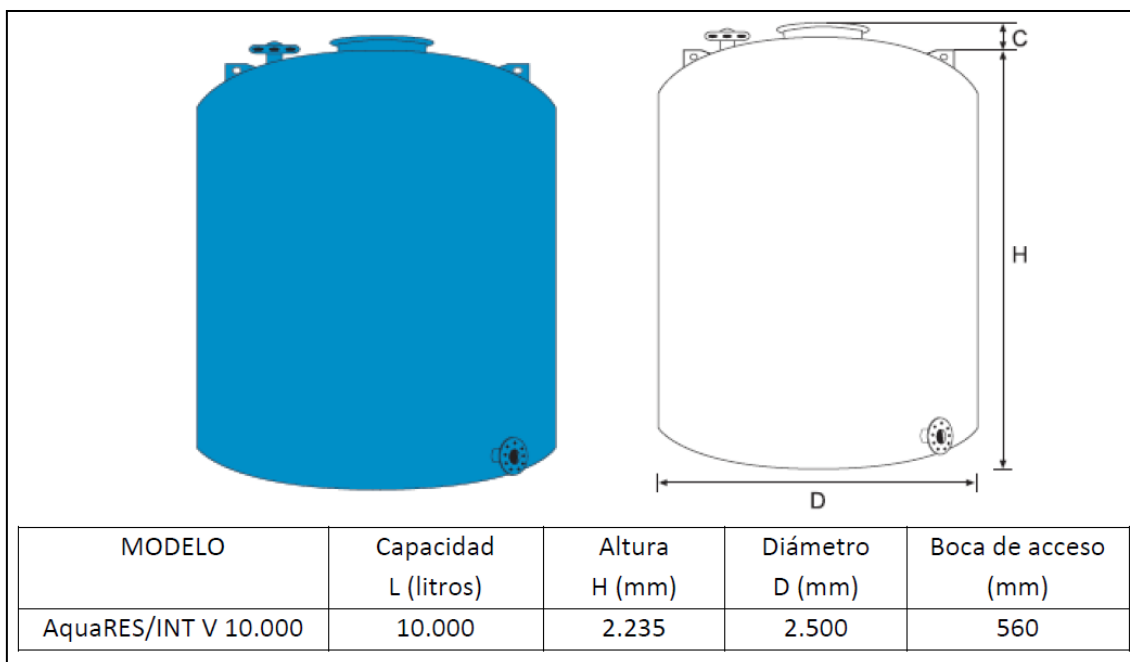
Aunque el ciclo del agua a su paso por la cabina de lavado es sencillo a continuación se realiza una breve explicación detallando los componentes y sus procesos.

En primer lugar el agua es bombeada desde la balsa de suministro de agua pluvial, de manera que esta atraviesa una serie de filtro para que llegue al grupo de bombeo del agua de lavado el cual dirige el caudal a la estructura de tuberías que son las encargadas de lavar la parte exterior del vehículo y al sistema de limpieza de bajos.

Toda esta agua precipita a través de las rejillas de captación hasta las tolvas de conducción que son las encargas de llevar el agua en dirección a los decantadores sin no antes pasar por una arqueta donde se espera que queden los sólidos de mayor tamaño. Una vez el agua atraviesa los decantadores parte es extraída del tercer decantador y enviada al equipo de reciclaje donde tras una serie de tratamientos y filtrados más exhaustivos el agua puede volver a formar parte del agua de lavado. De este modo tras atravesar e lequipo de reciclaje el agua podrá tomar dos caminos al grupo de bombeo de agua de lavado o de nuevo a los decantadores por donde se le incorporan unos floculantes. Continuando a la salida del tercer decantador el agua vuelve a atravesar otra arqueta de control acabando en el separador de hidrocarburos/grasas una vez lo atraviesa puede ser devuelta a la balsa de suministro.

Una vez conocido el flujo a través de los diferentes componentes se presenta información más detallada sobre cada uno de ellos.

1. Sistema de decantación de lodos y arenas: Está formado por tres decantadores en serie de 10.000 L cada uno, con el objetivo de separar por gravedad los sólidos más gruesos (ver Figura 20). Estos depósitos están dotados de tapa en espiral ya sea para la inspección central y la retirada de grasas y materiales flotantes, como para el vaciado de arenas y partículas inertes. Dispone de manguitos de entrada en PVC o PP, juntas de neopreno y tapa superior de inspección (Aqua Ambient Ibérica, 2012).



**Figura 35 Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV).**

Los lodos que permanecen en el fondo de los decantadores son retirados por una empresa de limpieza especializada. Tratándose de unas instalaciones muy nuevas, de momento no se puede especificar la frecuencia de recogida de los mismos, aunque se prevé que será de manera mensual, siempre dependiendo del número de vehículos lavados y el estado de los mismos. En el momento de recogida de lodos se tomará muestra de cada decantador para analizar su composición y se anotará el volumen recogido para poder hacer una aproximación de la cantidad que se produce.

2. Parte del agua del tercer decantador es recirculada hacia un equipo de filtración. La impulsión del agua del tercer decantador hacia el equipo de filtración se realiza mediante una bomba sumergida. La capacidad de impulsión de la bomba sumergida es de 30 m<sup>3</sup>/hora (500 litros/minuto). Uno de los objetivos del presente proyecto es determinar cuánta agua se está recirculando y evaluar la posibilidad de aumentar esta cantidad. Equipo de filtración HACO modelo Tola 30 (ver Figura 21).



Figura 36 Componentes del equipo de filtración TOLA 30 (Fuente: adaptado de HACO-Wassertechnik,

Es un equipo compacto, basado en un proceso de filtración mediante el paso por arena de granulometría entre 0,8 – 1,2 mm de diámetro. El proceso de filtración consta de tres etapas:

2.1. Función filtro: el agua que proviene del tercer decantador se aplica en superficie y atraviesa la capa de arena desde arriba hacia abajo (ver Figura 29). Los sólidos en suspensión se depositan sobre la arena y quedan retenidos en superficie y en profundidad. En el fondo del filtro el agua limpia es empujada hacia el tubo (fase ascendente), siempre y cuando se mantenga la presión suficiente. El filtrado obtenido se envía a un depósito de agua desde donde se abastecen los equipos de bombeo del agua de lavado. Hay un dispositivo que evita la pérdida de arena.

2.2. Flujo a contracorriente: cuando la pérdida de presión del filtro aumenta demasiado (en aproximadamente 1,3 bar), y en

consecuencia se reduce apreciablemente la capacidad de filtración, se inicia el flujo a contracorriente utilizando el mismo tipo de agua (agua impulsada desde el tercer decantador). Es decir, se invierte la dirección de flujo del agua: ésta fluye por el tubo central (fase descendente), pasa por el filtro de fondo y realiza el lavado a contracorriente. El lecho de arena se esponja y se agita, y los sólidos residuales son expulsados. El agua sucia proveniente del lavado a contracorriente del filtro de arena se dirige al desagüe de la cabina de lavado, siguiendo el circuito que podemos ver en el esquema de la instalación (esto es, hacia el primer decantador de lodos y arenas).

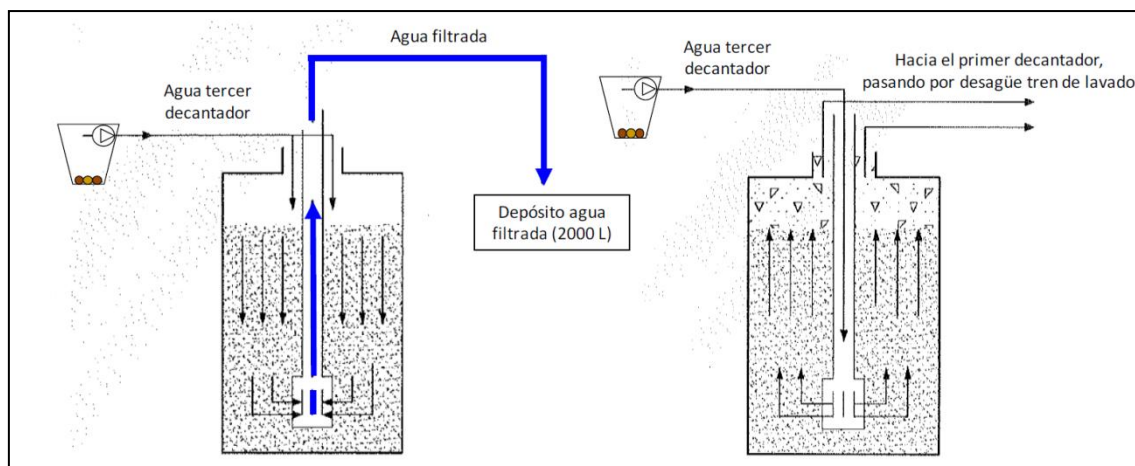


Figura 37 Proceso de filtración (izquierda) y de limpieza (derecha) del filtro de arena.

- 2.3. Reinicio después del lavado a contracorriente: el agua fluye igual que en la función de filtro (2.1) atravesando la capa de arena desde arriba hacia abajo. El filtrado, en cambio, no se dirige al depósito sino que se evacúa al primer decantador (a través del primer desagüe del tren de lavado). De esta forma los sólidos que puedan haberse depositado en las capas inferiores de arena o en el tubo central durante el lavado a contracorriente no entrarán al depósito de agua filtrada sino que irán a los decantadores. El lecho de arena filtrante irá sufriendo desgaste, con el cual irá perdiendo eficiencia.

Es importante revisar el estado del filtro de arena (granulometría, homogeneidad, altura del lecho de arena, presión, etc.). El manual recomienda su cambio cada cinco años.

Para garantizar un buen resultado del proceso de filtración (evitar olores, eliminar gérmenes, etc.), se pueden dosificar algunos reactivos.

**AGENTE DE COAGULACIÓN / FLOCULACIÓN (Cloruro férrico al 50-60%):** el floculante es una sustancia química que aglutina sólidos en suspensión provocando su precipitación. Alternativamente se puede usar un coagulante con el mismo efecto. En el caso del equipo instalado en este proyecto se aplica cloruro férrico al 50-60% ( $\text{FeCl}_3$ , agente coagulante). El cloruro férrico se dosifica en la tubería de desagüe del filtro de arena que comunica con el desagüe de la cabina de lavado y seguidamente al primer de los tres decantadores en serie. Sólo se aplica este reactivo cuando se está usando la cabina de lavado

La dosificación consiste normalmente en 75 ml de reactivo/ $\text{m}^3$  de filtrado (el manual prevé un margen, dependiendo del agente dosificado y la bomba utilizada, de entre 20 – 90 ml/ $\text{m}^3$ ). La bomba dosificadora está regulada al 10% (tanto para la longitud de carrera como para la frecuencia). El porcentaje puede parecer bajo, pero hay que tener en cuenta que el producto dosificado está bastante concentrado (50-60% de cloruro férrico).

**DOSIFICACIÓN DE CLORO (Hipoclorito sódico al 15-20%):** con el propósito de desinfectar el agua y prevenir malos olores (principalmente en verano). El cloro se aplica a la entrada del tanque de agua filtrada.

La cantidad de dosificación recomendada consiste normalmente en 50 ml de producto desinfectante/ $\text{m}^3$  filtrado (con un margen, según el manual, de entre 50 – 100 ml/ $\text{m}^3$ ). En la práctica la bomba dosificadora está regulada al 70% para ambas funciones (longitud y frecuencia de carrera, respectivamente).

Opcionalmente, y en caso que sea necesario, el equipo puede emplear dispositivos de medición y regulación del pH y de la conductividad. Se recomienda que el **pH** del agua sea prácticamente neutro. Un rango entre 6,8 – 7,8 es adecuado para el uso de agentes de coagulación o floculación. La



mayoría de éstos, en cambio, se caracterizan por acidificar el agua, deberían agregarse otros productos para el control del pH. El control de pH en algunos puntos de la instalación, como en el tanque de agua filtrada, debería considerarse un punto de atención para el buen funcionamiento del proceso, el control del vertido final y sobre todo si se tiene en cuenta que el rango de pH adecuado para la existencia de la mayor parte de microorganismos es estrecho y crítico (típicamente entre 6 - 9, siendo el óptimo para el crecimiento de muchas bacterias entre 6,5 - 7,5) Por estos motivos se prestara gran atención al ph del agua que se devuelve a la charca de suministro.

El agua reciclada se utiliza de nuevo en la cabina de lavado. Tal y como se indicó en la sección 2.1, un porcentaje que se estima entre un 10 - 15% del agua proveniente de la balsa de suministro (a corroborar durante la campaña de medición de consumos) se añade al agua filtrada en el depósito de 2000 L.

La instalación está pensada para no almacenar durante mucho tiempo agua filtrada (por eso no se suministran depósitos más grandes). Aun así, pudiera ser que durante un tiempo (por motivos varios: poca afluencia en el lavado, cierre por vacaciones, etc.) el agua permaneciera en el depósito sin renovarse. En caso que esto ocurriera, el depósito tiene un grifo a la parte inferior que permite vaciar de forma progresiva (manual o automáticamente) el depósito para permitir la renovación del agua.

3. El exceso de agua que no pasa por el filtro de arena va, por gravedad, al **separador de hidrocarburos** (ver Figura 11), caracterizado por una gran capacidad de retención debido a su gran superficie activa. La cámara de separación está equipada por una célula lamelar en polipropileno, reja de protección y un obturador automático de flotación en acero inoxidable. En el caso que la capa de aceites superara una determinada altura, el obturador (boya) taparía la salida del agua evitando así la salida de hidrocarburos a la balsa de suministro. Si esto llegara a suceder se produciría un reflujo hacia los decantadores y consecuentemente hacia la fosa de recogida de aguas de la cabina de lavado de maquinaria pesada. El agua que sale del separador de



hidrocarburos es vertida a la balsa. Los hidrocarburos y aceites son recogidos por la misma empresa de limpieza de los lodos.

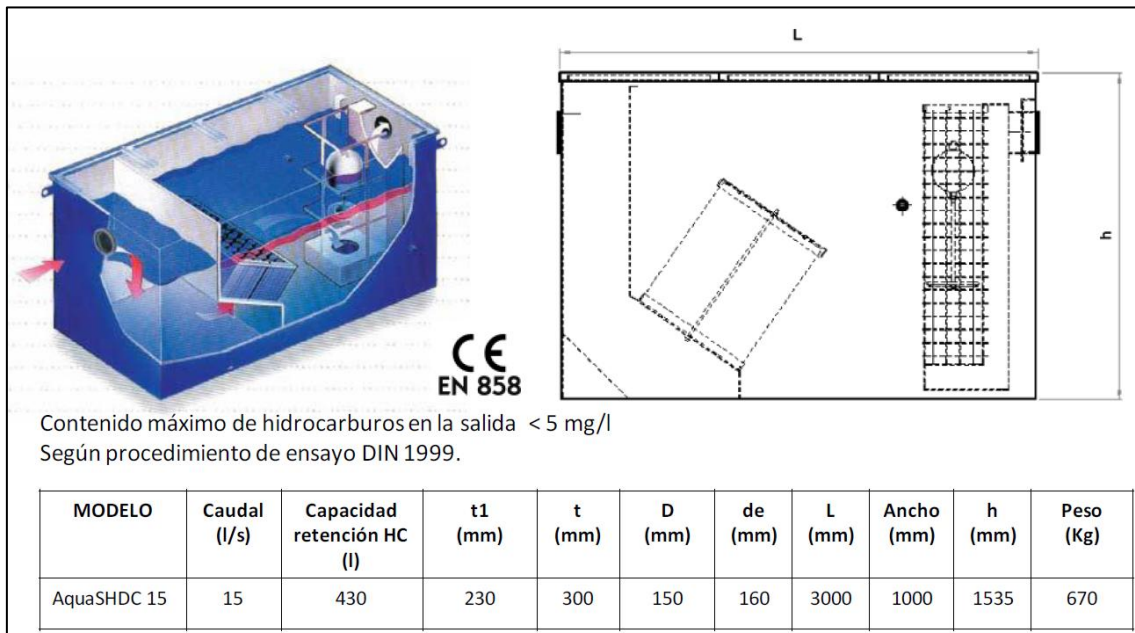


Figura 38 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15 (Aqua Ambient Ibérica).



Figura 39 Separador de hidrocarburos vista soterrado.



Figura 40 Separador de hidrocarburos perfil.





# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

3. Anexos.

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA:

Junio de 2017.



### 3. Anexos.

#### Índice de los Anexos.

3. Anexos.....	72
3.1. Diseño de nave en acero para cabina de lavado de maquinaria pesada 78	
3.1.1. Introducción.....	78
3.1.2. Lugar y situación de la nave.....	78
3.1.3. Características.....	80
3.1.4. Datos de partida. Generador de pórticos Cype.....	83
3.1.5. CORREAS.....	89
3.1.6. Cálculo de la estructura general en CYPE 3D.....	93
3.1.7. Diseño de la nave.....	95
3.1.8. Cálculo de las uniones.....	98
3.2. Cálculo de cimentación.....	106
3.3. Análisis de rejillas de filtración mediante modelo de elementos finitos. 108	
3.3.1. Comprobación mediante Abacus CAE del diseño seleccionado. .	109
3.4. Cálculo de las tuberías de la cabina de lavado de maquinaria de alto tonelaje.....	118



## Índice de figuras de los Anexos.

Figura 41 Albacete y zona de minas próxima.....	79
Figura 42 Cuatro minas próximas a Albacete, elegidas como ubicación de la nave. ....	79
Figura 43 Cubierta Sándwich. ....	80
Figura 44 Panel sándwich. ....	80
Figura 45 Losa de hormigón prefabricada para cerramientos laterales. ....	81
Figura 46 Características técnicas de los paneles. ....	81
Figura 47 Representación de paneles de cerramiento lateral sobre portalada. .	82
Figura 48 Dimensiones de los pórticos de la nave.. ....	83
Figura 49 Valores característicos de las sobrecargas de uso. ....	84
Figura 50 Datos generales de la obra.. ....	85
Figura 51 Sobrecarga de viento.. ....	86
Figura 52 Ubicación y dimensiones de los huecos fachada izquierda y derecha.. ....	86
Figura 53 Apertura frontal y trasera de la nave. ....	87
Figura 54 Mapa para la selección de la sobrecarga de nieve. ....	87
Figura 55 Datos generales completos. ....	88
Figura 56 Dimensionado de las correas. ....	89
Figura 57 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de perfil. ....	90
Figura 58 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de acero. ....	91
Figura 59 Aprovechamiento de las correas. ....	92
Figura 60 Dimensiones de los pórticos de la nave. ....	93
Figura 61 Opciones para la exportación a Cype 3D.....	94
Figura 62 Diseño de nave para cabina de lavado. ....	95
Figura 63 Arriostramientos en vanos 1º y 8º. ....	96



Figura 64 Perfiles HEB empleados en la construcción de la nave. ....	96
Figura 65 Dimensionado de la estructura.....	97
Figura 66 Agrupamiento y generación de las uniones. ....	98
Figura 67 Principales tipos de uniones de la nave. ....	99
Figura 68 Unión de pilares con viga de cubierta y barras de conexión entre pórticos.....	100
Figura 69 Unión entre barras de arriostramientos y tirantes con los pilares.....	101
Figura 70 Unión entre pilares ya zapatas. ....	102
Figura 71 Unión de cubierta con pilares de las esquinas. ....	103
Figura 72 Unión de barras de arriostramiento y tirantes con vigas de cubierta. ....	104
Figura 73 Unión entre vigas de cumbrera en vanos 1 y 8: ....	105
Figura 74 Unión entre vigas de cumbrera intermedias.....	105
Figura 75 Aspecto final de la cimentación.....	106
Figura 76 Detalle de zapatas.....	106
Figura 77 Características de la cimentación ....	107
Figura 78 Rejilla comercial de Acero inoxidable de gran espesor. ....	109
Figura 79 Propiedades del material.....	110
Figura 80 Pre-procesado del modelo. ....	111
Figura 81 Cargas y restricciones en el modelo. ....	112
Figura 82 Mallado tetraédrico del modelo. ....	113
Figura 83 Deformación escalada en rejilla comercial 100 mm espesor. ....	116
Figura 84 Concentración de tensiones debidas al peso de la maquinaria. ....	116
Figura 85 Boquilla de lavado Tipo 22. ....	118
Figura 86 Tabla presión-caudal boquillas.....	119
Figura 87 Tabla de diámetros para tuberías de acero galvanizado comerciales. ....	120
Figura 88 Estructura de tuberías con etiquetas para el cálculo de los tramos. ....	122



Figura 89 Cálculos de pérdidas en tuberías de la "CLMP".....	126
Figura 90 Resumen de pérdidas de carga en la cabina de lavado.....	126
Figura 91 Tramos del Sis. Limpieza de bajos.....	127
Figura 92 Cálculos de pérdidas en Sis. Limpieza de bajos. ....	129
Figura 93 Resumen pérdidas en tuberías del Sis. Limpieza de bajos.....	129



### **3.1. Diseño de nave en acero para cabina de lavado de maquinaria pesada**

#### **3.2. Introducción.**

A continuación se presentan los pasos realizados para el cálculo de la nave así como los procedimientos y razonamientos tomados para llevar a cabo el diseño de la nave que contendrá la cabina de lavado de maquinaria pesa y otros componentes de la misma, para ello se a utilizado el Software de diseño de estructuras Cype.

La finalidad del proyecto se basa en la construcción de una nave de estructura de acero la cual dispondrá solamente de cerramientos laterales con la posibilidad de incorporar dos puertas correderas en la parte frontal y posterior de la nave. De este modo las características de la misma están enfocadas para albergar en su interior la estructura de la cabina de lavado adoptando un diseño que facilite la entrada y salida de la maquinaria de grandes dimensiones. Por lo tanto la nave está diseñada para facilitar las maniobras de camiones y palas.

No será necesaria la instalación de plantas intermedias (forjados) en su interior ya que estas entorpecerían las maniobras de la maquinaria.

En los siguientes apartados se aporta más información sobre cerramientos, huecos y características más específicas de la nave.

##### **3.2.1. Lugar y situación de la nave**

La ubicación de la nave será nueva en cada proyecto ya que cada vez que se construya una cabina de lavado la ubicación y condiciones ambientales cambiaran por ello es probable que la estructura deba pasar por un nuevo dimensionamiento con el fin de recalcular los perfiles, correas y cerramientos que según las condiciones ambientales o los requisitos del cliente es posible que sufran alguna modificación.

En este proyecto se ha elegido una ubicación al azar estableciendo la nave en Albacete.



Figura 41 Albacete y zona de minas próxima.



Figura 42 Cuatro minas próximas a Albacete, elegidas como ubicación de la nave.



### 3.2.2. Características

#### 3.2.2.1. Cerramientos de Cubierta

Para el cerramiento de la cubierta se ha seleccionado un panel tipo sándwich con un espesor de 80 mm y un peso de  $0.191 \frac{KN}{m^2}$ . Este cerramiento de cubierta será el empleado en toda la nave.

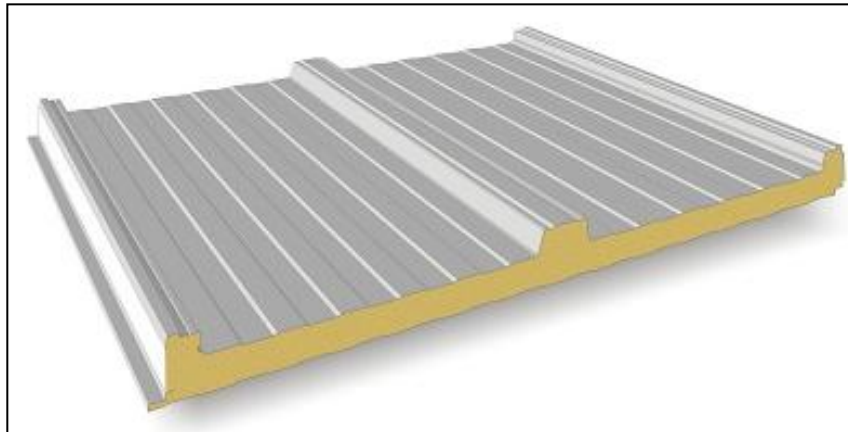


Figura 43 Cubierta Sándwich.

Espesor (mm)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> K)	El (min) Res. fuego*
30	13,1	0,901	—
40	14,3	0,840	—
50	15,5	0,621	30
60	16,7	0,589	30
80	19,1	0,414	60
100	21,5	0,404	120
120	23,9	0,340	120
150	27,5	0,275	120
200	33,5	0,209	120

Figura 44 Panel sándwich.

#### 3.2.2.2. Cerramientos Laterales

Todos aquellos que se instalar en la envolvente del edificio y por debajo de los huecos que se incorporan a la nave. Estos no presentaran un peso adicional sobre la estructura de la nave de acero debido a que se encuentran apoyados sobre el suelo. Se instalarán losas de hormigón prefabricado. Como las que se pueden ver a continuación.



Figura 45 Losa de hormigón prefabricada para cerramientos laterales.

### 3.2.2.3. *Panel de Hormigón*

Para los cerramientos que se instalan sobre los huecos o ventanas que se tienen a los laterales y sobre la puerta que se encuentran en la parte frontal de la nave se muestra a continuación las características del material a instalar.

DIMENSIONES							
Modelo	LL 20 K		LL 24 K				
X	cm	8		12			
B	cm	20		24			
C	cm	8,8		12,8			

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
Modelo	Peso propio		Altura máxima (m)		Coeficiente de transmisión calorífica K Kcal/h m <sup>2</sup> °C	Aislamiento acústico dBA	Resistencia al fuego RF (minutos)
	kN/m <sup>2</sup>	(Kp/m <sup>2</sup> )	H	F			
LL 20 K	2,88	(288)	10	8	0.38	48,3	90
LL 24 K	3,03	(303)	12	10	0.31	49,1	120

Figura 46 Características técnicas de los paneles.

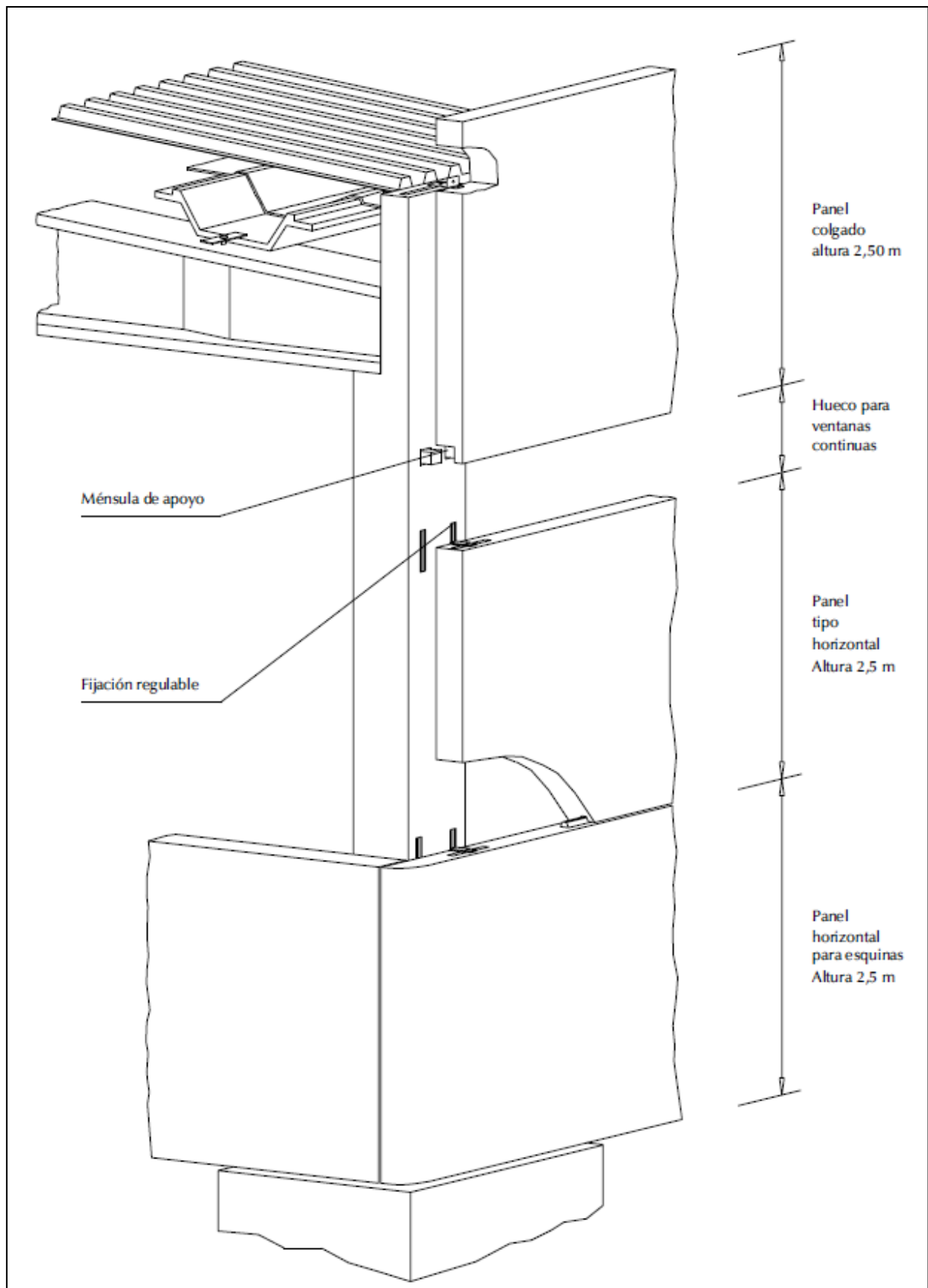


Figura 47 Representación de paneles de cerramiento lateral sobre portalada.



### 3.2.3. Datos de partida. Generador de pórticos Cype.

Los datos de partida de los que se parte para realizar el dimensionado y cálculo de todos los elementos de la nave se muestran en la siguiente ilustración:

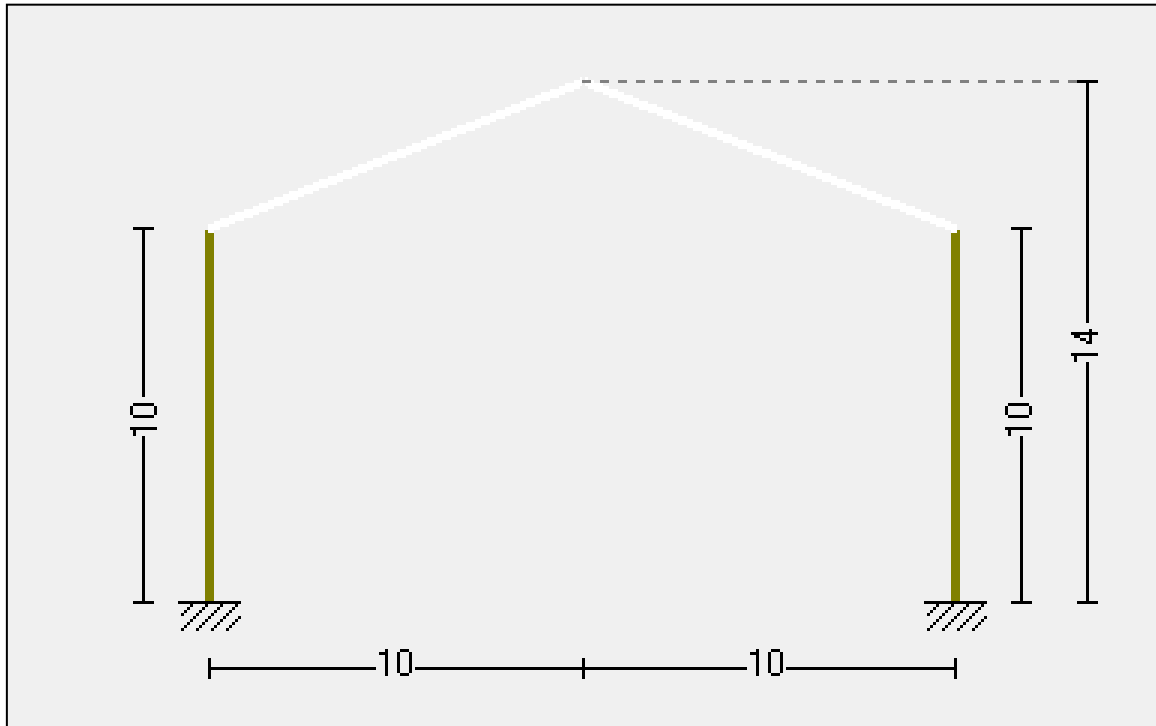


Figura 48 Dimensiones de los pórticos de la nave..

Una vez se tiene el pórtico generado se comienza a delimitar los datos generales de la obra en cuanto a cerramientos y sobrecargas existentes.

En esta ocasión como se puede ver los vanos serán de 5.5m y se tendrá un total de 5 vanos, lo que dará lugar a 6 pórticos en nuestra nave.

Aquí se incluyen otros datos como pueden ser el peso del cerramiento, el descrito en apartados anteriores y otros como la sobrecarga de cerramiento la cual la extraemos de la tabla que vemos a continuación.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4), (6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 49 Valores característicos de las sobrecargas de uso.

Este valor viene dado tras seleccionar una categoría de uso tipo G, y exactamente el grupo G1, cubiertas ligeras sobre correas sin forjado.

**Datos generales**

Número de vanos: 8

Separación entre pórticos: 5.00 m

☒ Con cerramiento en cubierta  
Peso del cerramiento: 0.19 kN/m²  
☒ Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m²

☒ Con cerramiento en laterales  
Peso del cerramiento: 0.00 kN/m²

☒ Con sobrecarga de viento: CTE DB SE-AE (España)

☐ Con sobrecarga de nieve

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

**Estados límite**  
E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A  
E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

**Desplazamientos**  
Acciones características

**Categorías de uso**  
Acero laminado: CTE DB SE-A  
Acero conformado: CTE DB SE-A  
A. Zonas residenciales

Aceptar Cancelar

Figura 50 Datos generales de la obra..

Como se ha podido ver la tabla anterior muestra sobre cargas de nieve y viento. Estas las seleccionaremos según la región geográfica en la que nos encontremos, para nuestro caso Albacete.

Un dato importante que debemos introducir es el número y ubicación de los huecos que tendrá la nave y los cuales son importantes a la hora de realizar los cálculos de viento.

De este modo se muestran las ubicaciones de las diferentes ventanas y de la puerta en la fachada frontal de la nave. Done se puede observar 3 ventanas de 5x3m a cada lado de la nave y dos huecos permanentemente abiertos en la parte frontal y trasera de la nave.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento


☒ España ☐ UE ☐ Alemania ☐ Bélgica ☐ Bulgaria ☐ Francia ☐ Italia ☐ Portugal ☐ Argelia ☐ Marruecos ☐ Argentina ☐ Brasil ☐ Colombia ☐ Cuba ☐ México ☐ Paraguay ☐ Perú ☐ Venezuela ☐ Canadá ☐ USA ☐ India

☒ CTE DB SE-AE ☐ NTE

CTE DB SE-AE  
Código Técnico de la Edificación.  
Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

**Zona eólica**

☒ A. Velocidad básica: 26 m/s  
☐ B. Velocidad básica: 27 m/s  
☐ C. Velocidad básica: 29 m/s



**Grado de aspereza**

☒ Única ☐ Según dirección

☐ I ☐ II ☐ III ☒ IV ☐ V

Zona urbana, industrial o forestal


Periodo de servicio (años) 50

☒ Con huecos [Editar la lista de huecos en fachadas](#)

Coefficiente de obstrucción para cubiertas aisladas 1.000

Figura 51 Sobrecarga de viento..

Huecos en fachadas



Fachada	Dh (m)	Dv (m)	Ph (m)	Pv (m)
Izquierda (1) ▼	5.00	3.00	7.50	7.00
Izquierda (1) ▼	5.00	3.00	17.50	7.00
Izquierda (1) ▼	5.00	3.00	22.50	7.00
Izquierda (1) ▼	5.00	3.00	32.50	7.00
Derecha (3) ▼	5.00	3.00	7.50	7.00
Derecha (3) ▼	5.00	3.00	17.50	7.00
Derecha (3) ▼	5.00	3.00	22.50	7.00

☐ Los huecos están permanentemente abiertos

[Aceptar](#) [Cancelar](#)

Figura 52 Ubicación y dimensiones de los huecos fachada izquierda y derecha..

Fachada	Dh (m)	Dv (m)	Ph (m)	Pv (m)
Izquierda (1)	5.00	3.00	32.50	7.00
Derecha (3)	5.00	3.00	7.50	7.00
Derecha (3)	5.00	3.00	17.50	7.00
Derecha (3)	5.00	3.00	22.50	7.00
Derecha (3)	5.00	3.00	32.50	7.00
Frontal (4)	20.00	10.00	10.00	5.00
Trasera (2)	20.00	10.00	10.00	5.00

☒ Los huecos están permanentemente abiertos

Aceptar Cancelar

Figura 53 Apertura frontal y trasera de la nave.

En cuanto a la sobre carga de nieve, basta con seleccionar la ubicación geográfica de la nave y el programa introduce los datos necesarios de altitud y probabilidad de nieves según el punto seleccionado.



Figura 54 Mapa para la selección de la sobrecarga de nieve.

**Datos del emplazamiento**

Zona ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7

Altitud topográfica  m

**Exposición al viento**

☐ Protegida ☒ Normal ☐ Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.

Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

**Descripción de la cubierta**

☐ Cubierta con resaltos

**Datos generales**

Número de vanos

Separación entre pórticos  m

☒ Con cerramiento en cubierta

Peso del cerramiento  kN/m<sup>2</sup>

☒ Sobrecarga del cerramiento  kN/m<sup>2</sup>

☒ Con cerramiento en laterales

Peso del cerramiento  kN/m<sup>2</sup>

☒ Con sobrecarga de viento

☒ Con sobrecarga de nieve

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

**Estados límite**

E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Cota de nieve

**Desplazamientos**

Acciones características

**Categorías de uso**

Acero laminado: CTE DB SE-A

Acero conformado: CTE DB SE-A

Figura 55 Datos generales completos.

### 3.2.4. CORREAS.

Una vez se tiene el pórtico y los datos generales es hora de introducir las correas. Aquí se precisan rellenar algunos campos entre ellos se ha escogido un límite de flecha de  $L/250$  con lo que restringimos la flecha en nuestro caso a 2 cm y las correas al mayor número de vanos que permite a 3. De este modo con 3 vanos se obtienen mejores diagramas de momentos en las correas.

Figura 56 Dimensionado de las correas.

Ahora bien el dimensionado puede realizarse a través de la herramienta Cype por tres caminos.

- Dimensionado según el tipo de perfil seleccionado.
- Dimensionado según la distancia entre correas.
- Dimensionado según el tipo de Acero.

Con lo que se ha realizado una resolución por cada uno de ellos y después se ha elegido la opción que parecía más correcta.

#### 3.2.4.1. *Dimensión según tipo de perfil*

En este primer dimensionamiento de las correas se fija un tipo de perfil en este caso el IPE y se ha establecido una distancia de correas de 1 m. Como vemos a continuación tras el dimensionado el perfil que cumple es el IPE 160

Nombre	Peso (kN/m <sup>2</sup> )	Texto de comprobación
⚠ IPE 80	0.06	Aprovechamiento: 568.48 %
⚠ IPE 100	0.08	Aprovechamiento: 303.36 %
⚠ IPE 120	0.10	Aprovechamiento: 175.98 %
⚠ IPE 140	0.13	Aprovechamiento: 110.15 %
✅ IPE 160	0.15	Aprovechamiento: 73.66 %
✅ IPE 180	0.18	Aprovechamiento: 50.81 %
✅ IPE 200	0.22	Aprovechamiento: 36.96 %
✅ IPE 220	0.26	Aprovechamiento: 26.32 %
✅ IPE 240	0.30	Aprovechamiento: 19.57 %
✅ IPE 270	0.35	Aprovechamiento: 13.70 %
✅ IPE 300	0.41	Aprovechamiento: 9.91 %
✅ IPE 330	0.48	Aprovechamiento: 7.88 %

Significado de los iconos

- ⚠ Elemento que no cumple alguna comprobación.
- ✅ Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Figura 57 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de perfil.

#### 3.2.4.2. *Dimensión según separación*

Por un segundo método se fija una separación mínima de 0.8m y de 3m como máximo para un perfil IPE 80. El programa devuelve un mensaje de error que no puede dimensionarse ninguna correa con esas restricciones.

De este modo se cambia el perfil a un IPE 160 y en este caso obtenemos una separación óptima de 1.4m.

#### 3.2.4.3. *Dimensión según Acero*

Según expertos este es el mejor método de dimensionamiento. Ya que tras establecer el tipo de acero el dimensionado nos establece el mejor perfil para la distancia de correas valida en cada tipo.

De este modo vemos que para 0.8m el IPE 140 es el mejor. También puede seleccionarse otra sección y se cambiaría la distancia entre correas, para IPE 200 cada 2,80 m.



Nombre	Peso (kN/m²)	Texto de comprobación
IPE 80	0.00	No cumple para ninguna separación.
IPE 100	0.00	No cumple para ninguna separación.
IPE 120	0.00	No cumple para ninguna separación.
IPE 140	0.16	cada 0.80 m.
IPE 160	0.13	cada 1.20 m.
IPE 180	0.10	cada 1.90 m.
IPE 200	0.08	cada 2.80 m.
IPE 220	0.09	cada 3.00 m.
IPE 240	0.10	cada 3.00 m.
IPE 270	0.12	cada 3.00 m.
IPE 300	0.14	cada 3.00 m.
IPE 330	0.16	cada 3.00 m.

Significado de los iconos

- Elemento incompatible
- Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Figura 58 Resultados de la iteración en el cálculo de correas según tipo de acero.

En este caso se ha optado por unos perfiles IPE160 ya que la distancia entre correas es de 1,2m está dentro de los márgenes más comunes de construcción que van desde 1m hasta 2m, pero podría haberse seleccionado cualquier otra relación dentro de todas las que cumplen.

De este modo vemos que para el IPE 160 y 1,2m tenemos una tensión del 89,88% y una flecha de 93.15%.

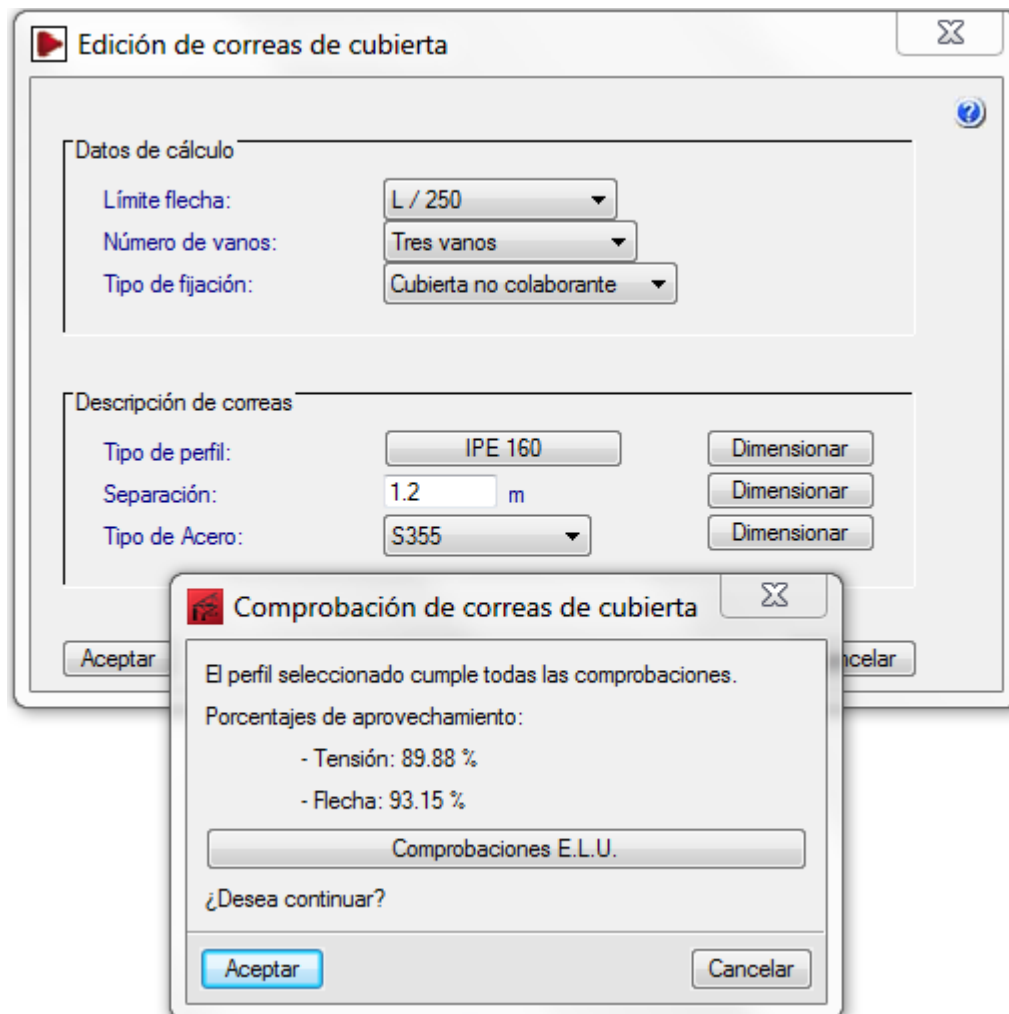


Figura 59 Aprovechamiento de las correas.

A continuación vemos la disposición de las correas en la nave.

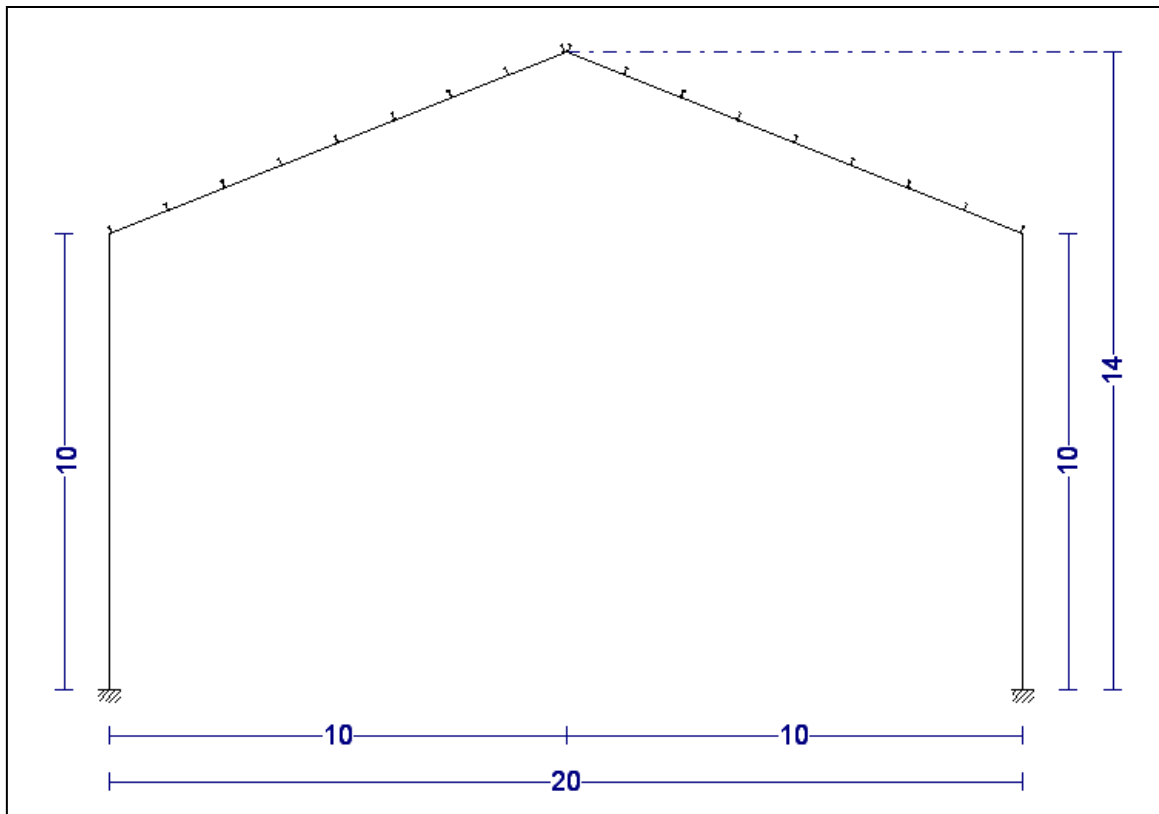


Figura 60 Dimensiones de los pórticos de la nave.

### 3.2.5. Cálculo de la estructura general en CYPE 3D.

Una vez se tiene el pórtico con las características particulares y las correas dimensionadas se ha exportado la obra a Cype 3D. Donde primero es necesario completar datos generales de la nave y otras características del acero empleado y las propiedades de la cimentación. Además es posible establecer las normativas para la comprobación

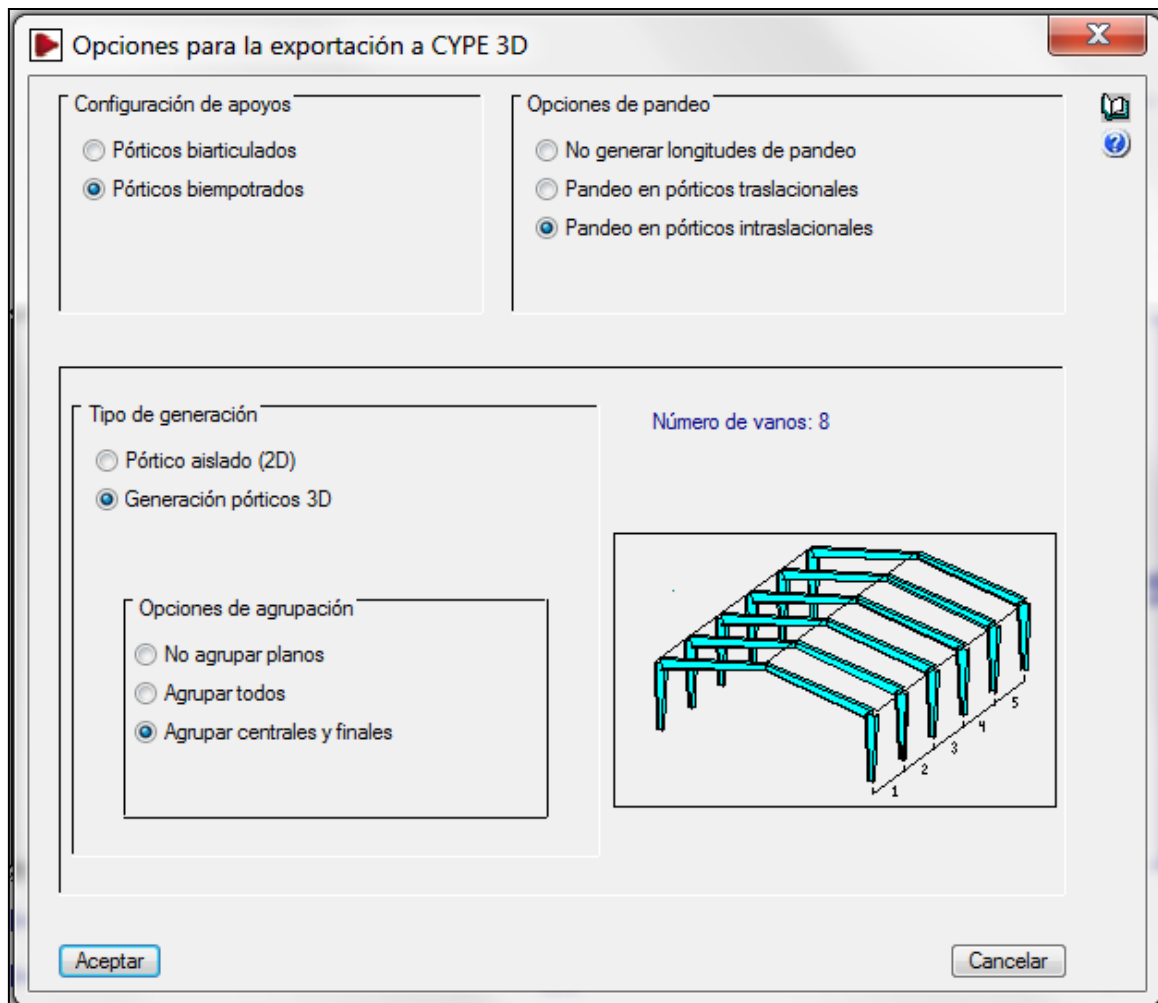


Figura 61 Opciones para la exportación a Cype 3D.

Los pasos que se han seguido para realizar el cálculo de la nave son los siguientes:

- Se introducen los nudos necesarios para pilares y arrostramientos.
- Se aplican las restricciones sobre los nudos.
- Se incorporan los pilares/barras necesarios.
- Se instalan los arrostramientos (vanos 1 y 8)
- Se deben poner barras según diseño y como soporte de cubiertas laterales.
- Se agrupan elementos para facilitar trabajo y con el fin de unificar los perfiles que se emplean para la construcción de la nave.
- Se giran los pilares que lo precisen.
- Una vez se llega a este punto se deben describir los tipos de perfil o tirante que se vayan a emplear.

- Se introducen las cargas adicionales sobre las barras o forjados que lo precisen.
- Se calcula y dimensiona para obtener la estructura más aprovechada y lógica.
- Dimensionamiento automático de las uniones.
- Las uniones que no se crean automáticamente se realizan a mano.
- Por último se termina generando la cimentación.

### 3.2.6. Diseño de la nave.

En la siguiente figura se puede ver la aspecto que tendrá la estructura de la nave con sus 8 vanos, en este diseño no se incorporan perfiles en las parte frontal y posterior ya que se precisa un gran espacio para la circulación de los vehículos pesados. De este modo ya se han detallado como huecos en el generador de pórticos de tal modo que a la hora de realizar el dimensionado los paños frontal y trasero no apliquen cargas sobre los pórticos 1º y 9º y obtengamos un dimensionamiento erróneo de los pilares y arrostriamientos obteniendo barras de mayor dimensión.

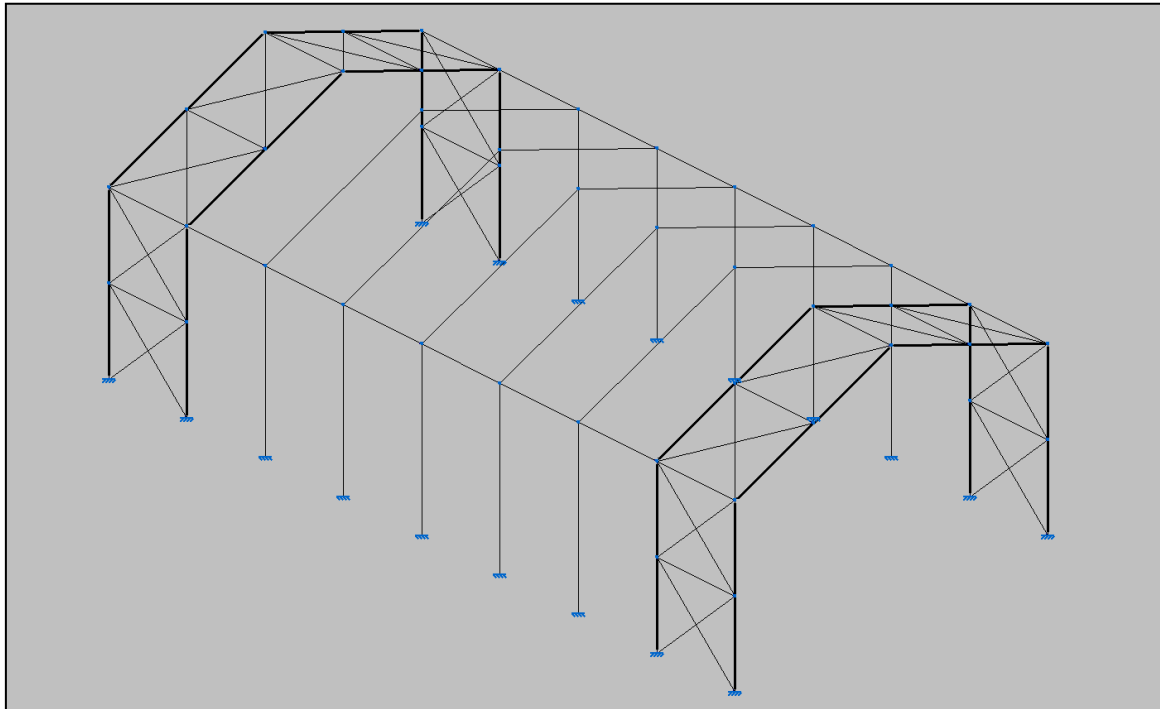


Figura 62 Diseño de nave para cabina de lavado.

Las ventanas no presentan problemas ya que se encuentran entre los pórticos y ninguna de ellas coincide con la posición de un pilar. Además dado el diseño no es necesario incluir barras de cerramientos en la ubicación de las ventas.

Se han incluido los arriostramientos tanto en el 1º vano como en el 8º. Teniendo que definir estas barras como tirantes. Estos tirantes se han establecido de tipo circular.

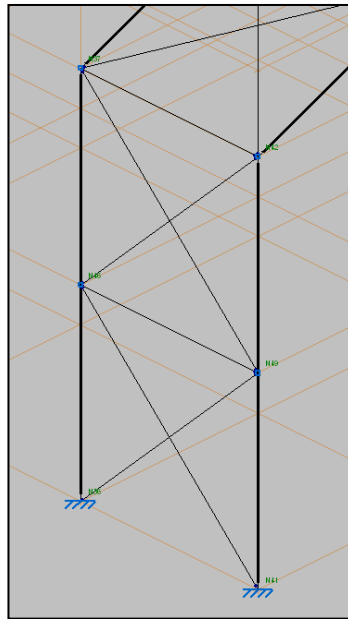


Figura 63 Arriostramientos en vanos 1º y 8º.

Cabe destacar que todo el resto de pilares y barras de la nave se han seleccionado de un perfil HEB.



Figura 64 Perfiles HEB empleados en la construcción de la nave.

Una vez definidas las barras de la estructura se procede al dimensionamiento. Tras realizar el cálculo de la nave obtenemos la sección del perfil seleccionado que nos cumple, sin ningún problema. Aquí destacar los problemas hallados al emplear los IPE con los cuales no había sección disponible para alguno de los pilares, cuando se sabía de antemano que las solicitaciones a las que dichos pilares se encuentran no son de ningún modo excesivas. Por ello como se ha mencionado los pilares escogidos son los HEB aunque podía haberse usado cualquier otra sección.

Como vemos en la siguiente figura el color verde nos indica que todos los perfiles seleccionados cumplen ante las solicitaciones a las que se enfrentan. Para llegar hasta este punto se han ido modificando las secciones. Como es lógico se ha realizado un agrupamiento de las diferentes barras para unificar la variedad de secciones encargadas al proveedor y por otros motivos que explicaran en el apartado destinado a las uniones.

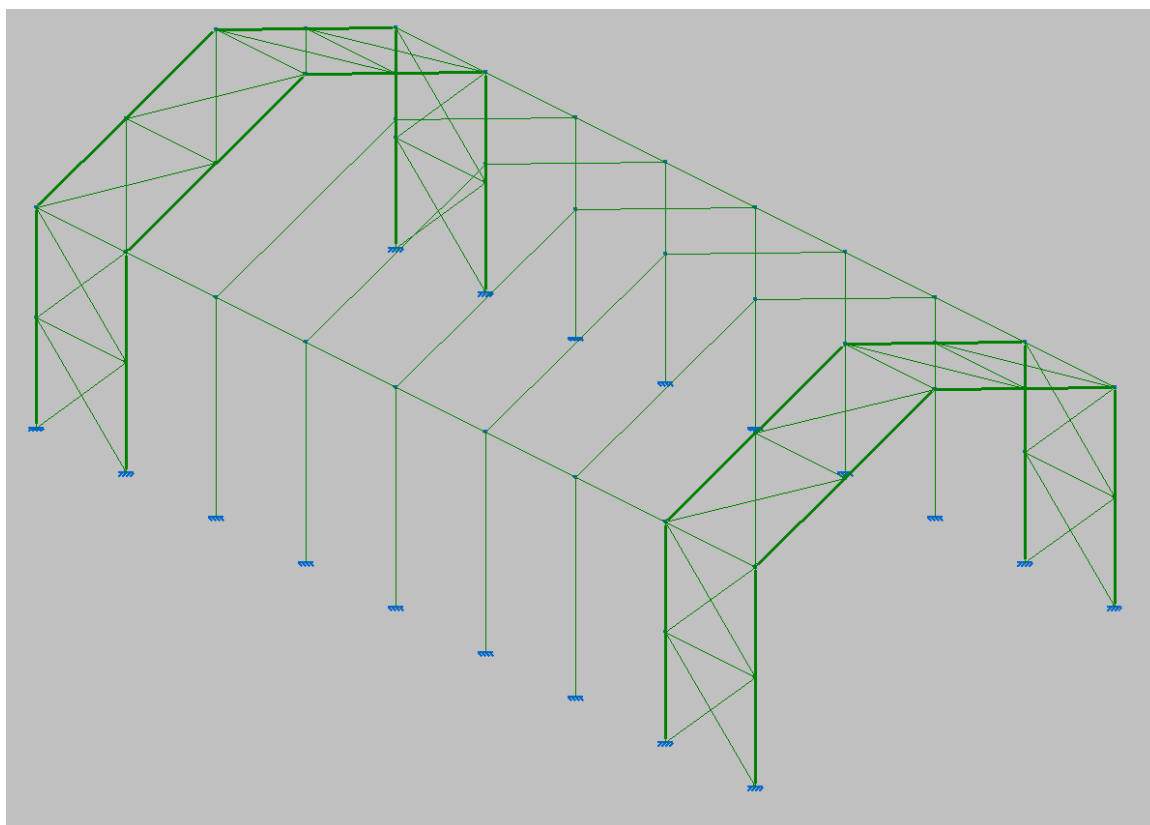


Figura 65 Dimensionado de la estructura.

A continuación se procede a pulir un poco más las secciones escogidas con el fin de economizar el presupuesto de la nave y alcanzar unos índices de aprovechamiento más elevados.

### 3.2.7. Cálculo de las uniones.

En esta ocasión no ha sido posible llevar a cabo un dimensionamiento automático de las uniones, opción que de haber sido posible agiliza y mucho el cálculo de la nave. Se lleva a cabo la creación de estas de manera individual, aunque se realizan agrupaciones en aquellas uniones que son totalmente iguales por los elementos y las secciones que las forman. Cabe destacar que las uniones se realizaran mediante soldadura como primera opción exceptuando la unión entre los pilares y la cimentación, sin descartar la posibilidad de realizar uniones atornilladas en cualquier otro lugar por dificultades en el momento de ejecución.

A continuación vemos las uniones a realizar donde se aprecia la agrupación de las uniones de pórticos centrales:

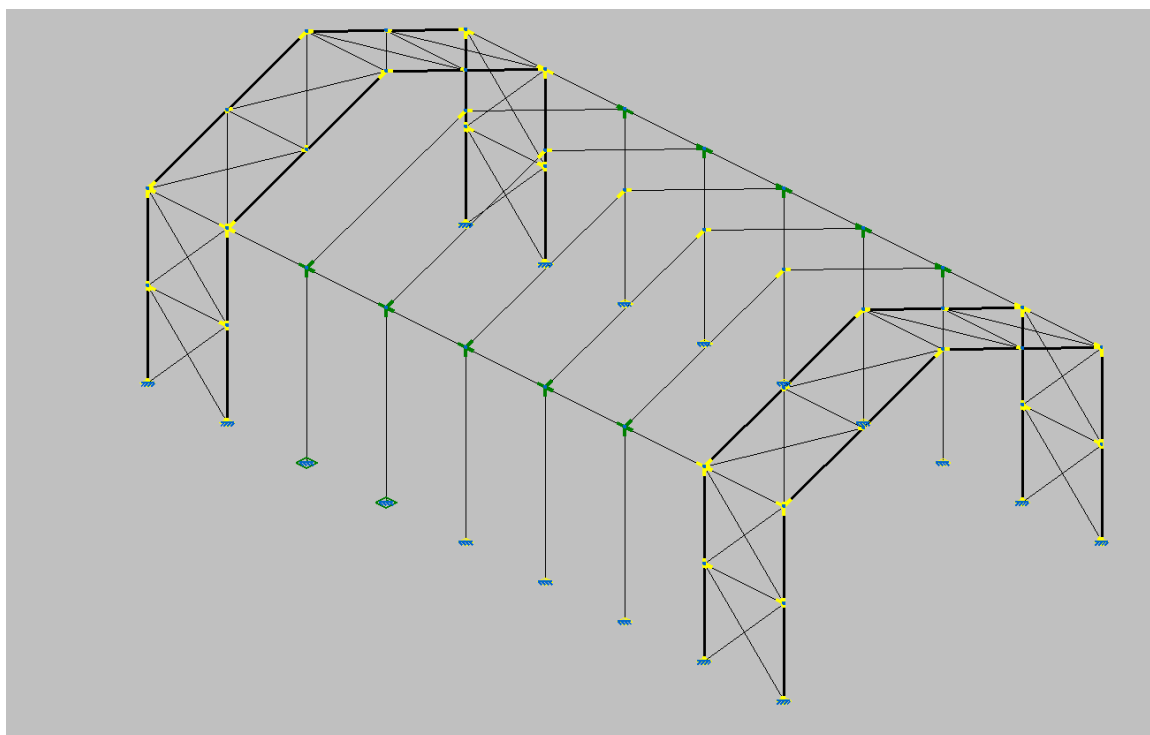


Figura 66 Agrupamiento y generación de las uniones.

Conocidas las uniones que se deben ejecutar se puede ver una representación de cada uno de los diferentes modelos:



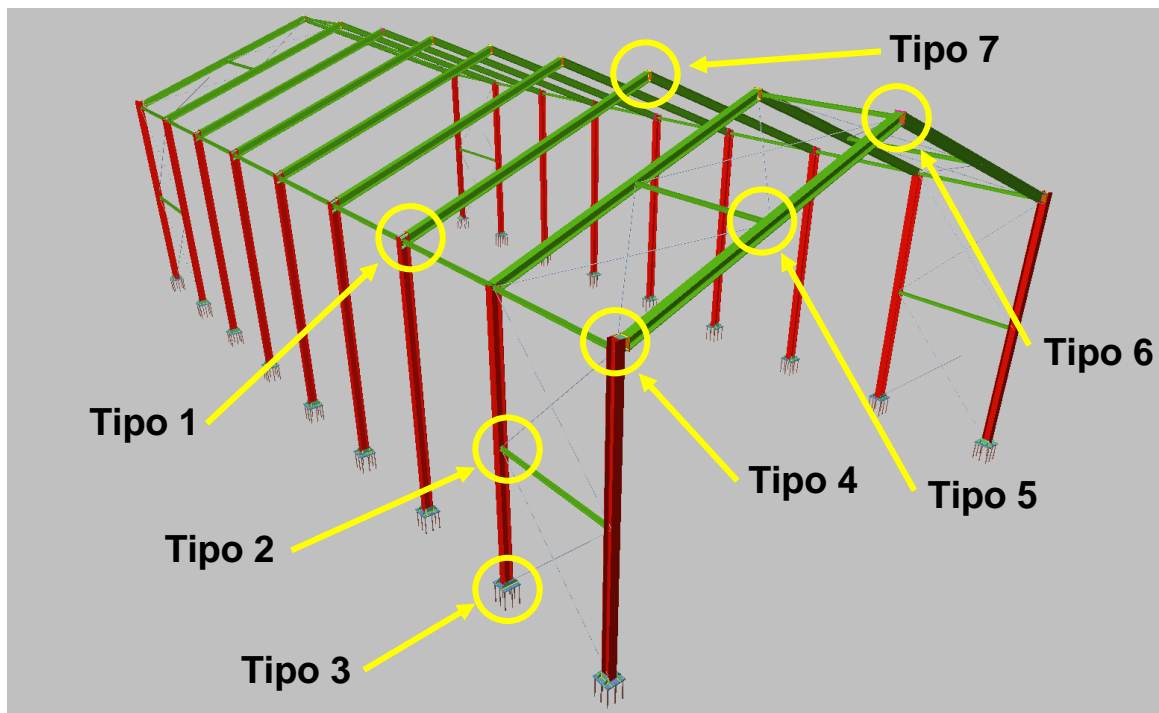
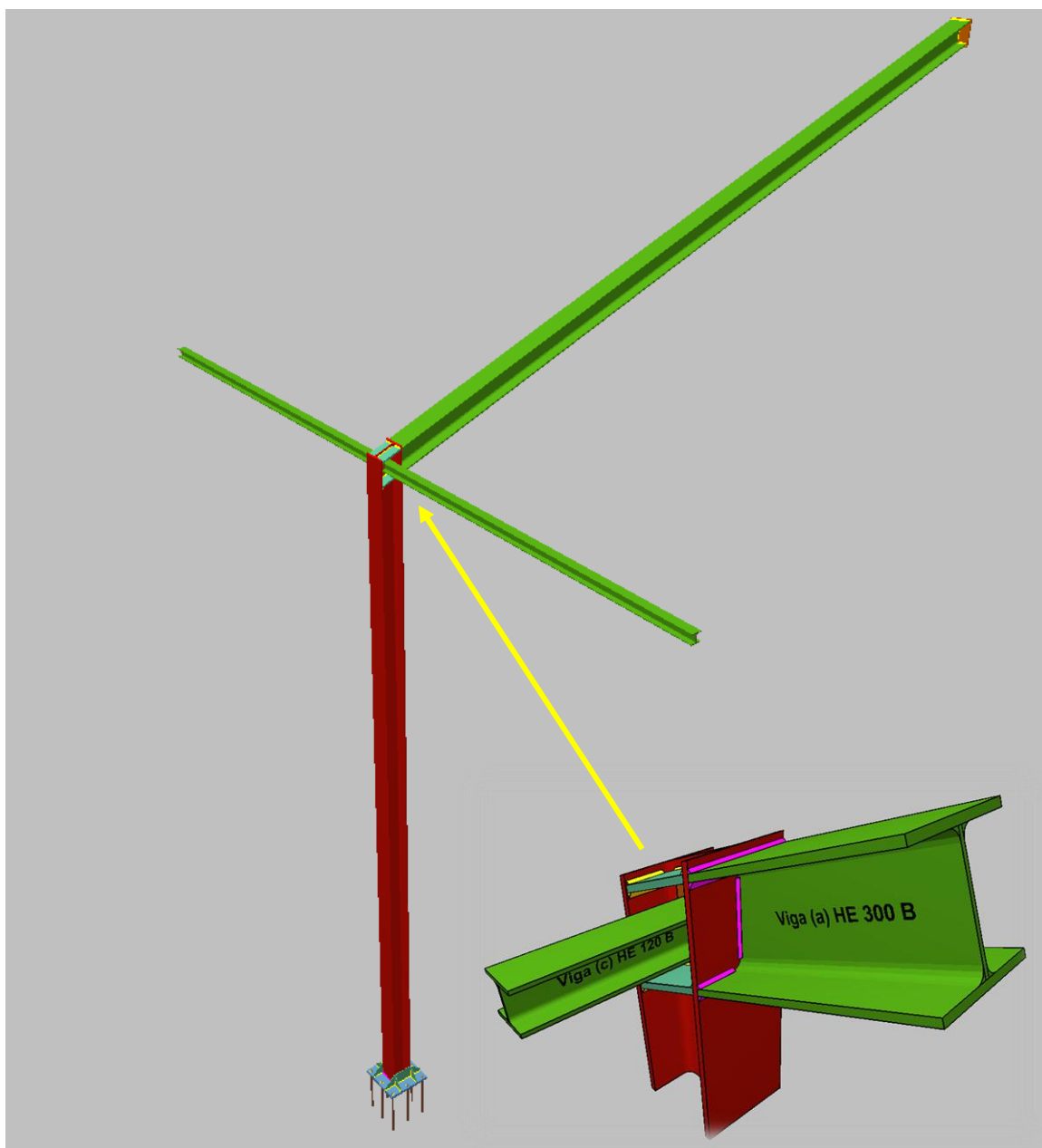


Figura 67 Principales tipos de uniones de la nave.

### **Tipo 1: Unión de pilares con viga de cubierta y barras de conexión entre pórticos.**

A la hora de dimensionar esta unión se presentan problemas con el espacio disponible en el alma del pilar para soldar las barras entre pórticos.



**Figura 68 Unión de pilares con viga de cubierta y barras de conexión entre pórticos.**

### **Tipo 2: Unión entre barras de arriostramientos y tirantes con los pilares.**

A la hora de llevar a cabo esta unión se presentan problemas debido al gran número de elementos que confluyen en ellas, para poder llevar a cabo el cálculo en el software se debe estudiar la unión por separado entre barra-pilar y tirantes-pilar.

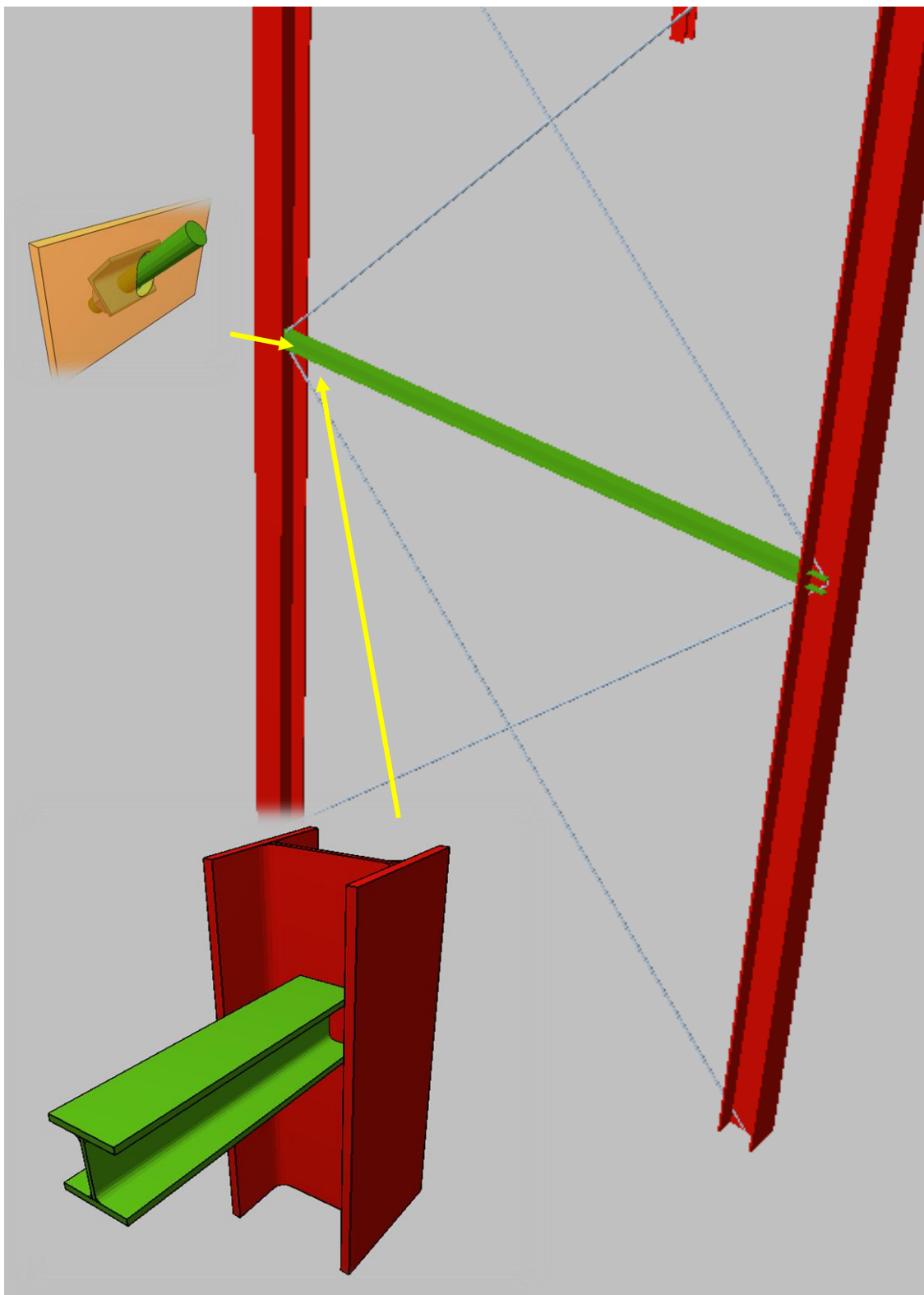
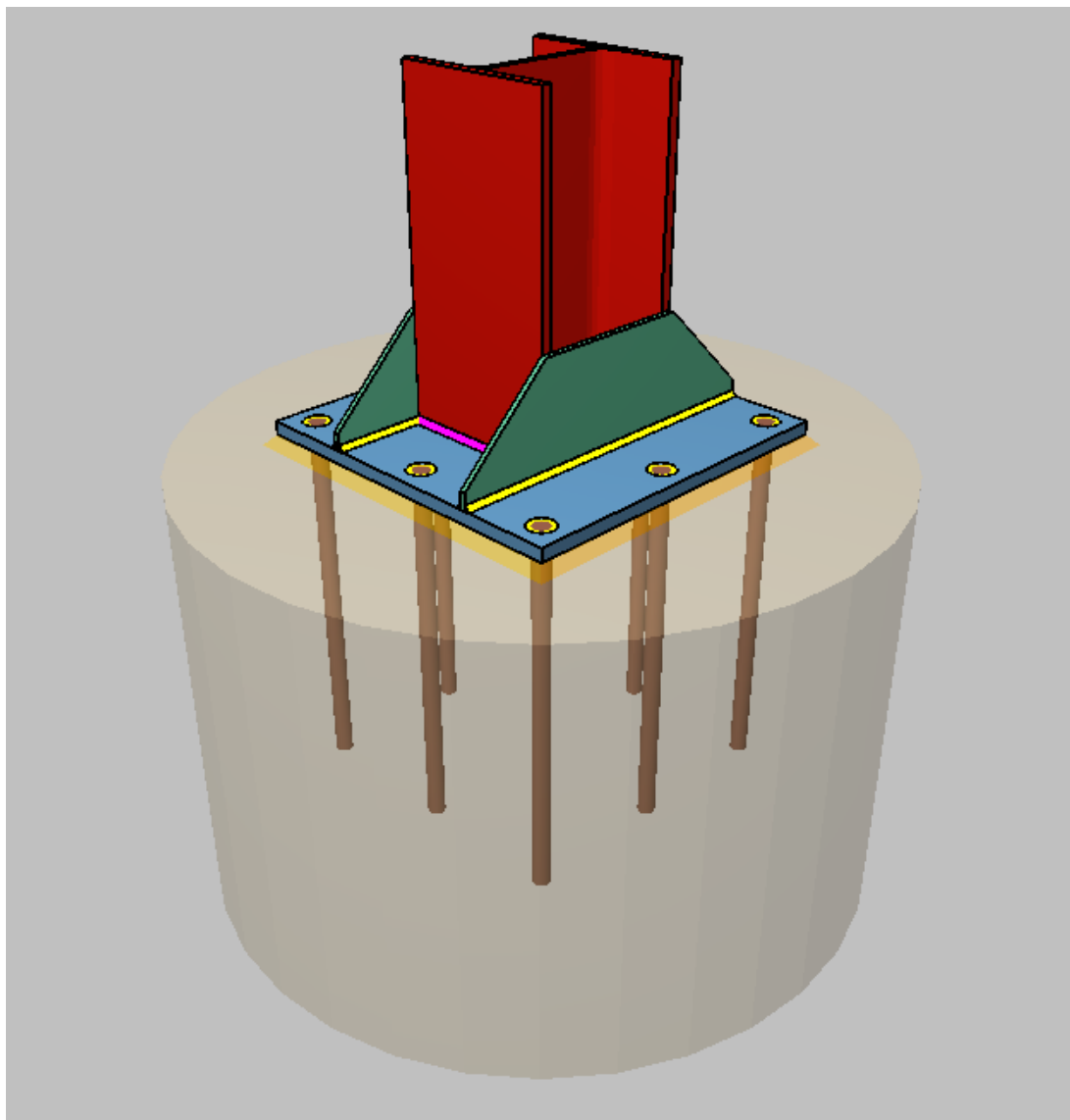


Figura 69 Unión entre barras de arriostramientos y tirantes con los pilares.

### **Tipo 3: Unión entre pilares ya zapatas.**

Como vemos en la siguiente imagen la unión muestra el anclaje mediante pernos del pilar a la zapata/cimentación que se generara en el siguiente capítulo.



**Figura 70 Unión entre pilares ya zapatas.**

#### Tipo 4: Unión de cubierta con pilares de las esquinas.

En esta ocasión se vuelve a presentar el problema de la concentración de elementos en la unión complicando su ejecución.

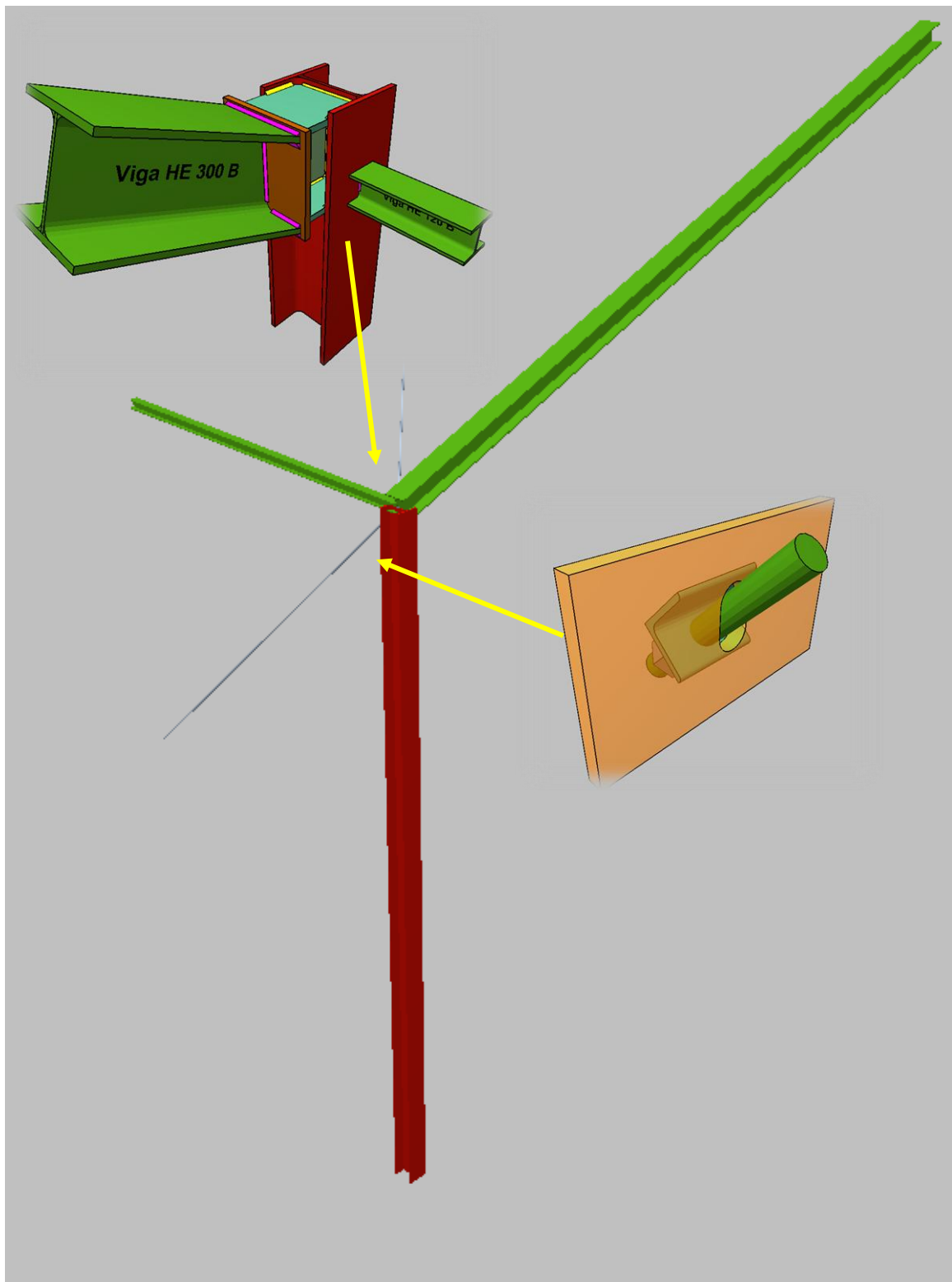


Figura 71 Unión de cubierta con pilares de las esquinas.

**Tipo 5: Unión de barras de arriostriamiento y tirantes con vigas de cubierta.**

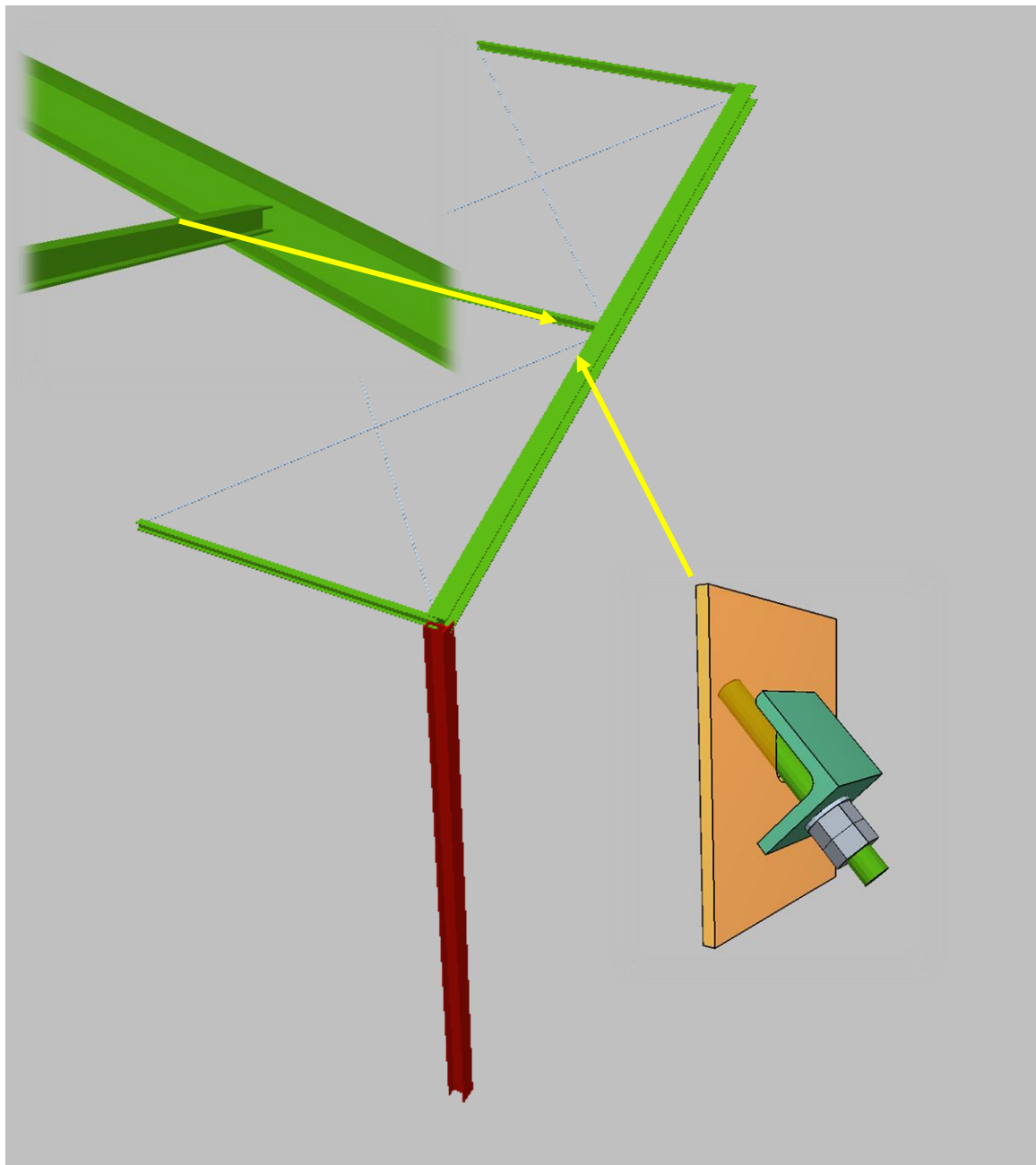


Figura 72 Unión de barras de arriostriamiento y tirantes con vigas de cubierta.

### Tipo 6: Unión entre vigas de cumbrera en vanos 1 y 8:

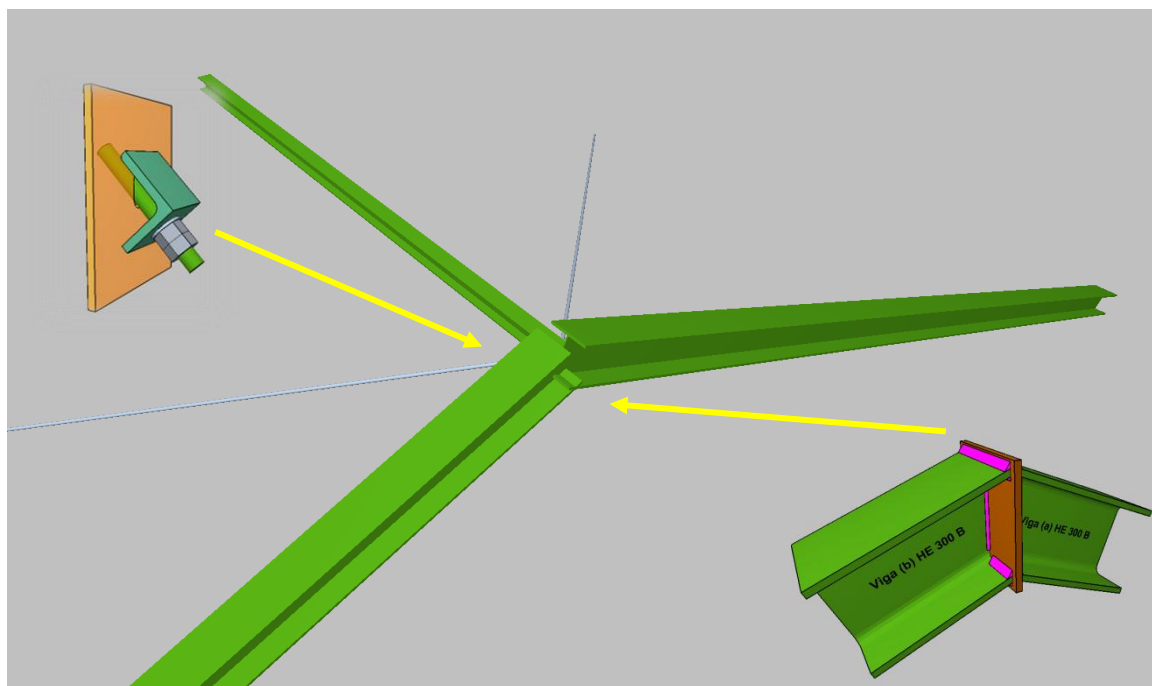


Figura 73 Unión entre vigas de cumbrera en vanos 1 y 8:

### Tipo 7: Unión entre vigas de cumbrera intermedias.

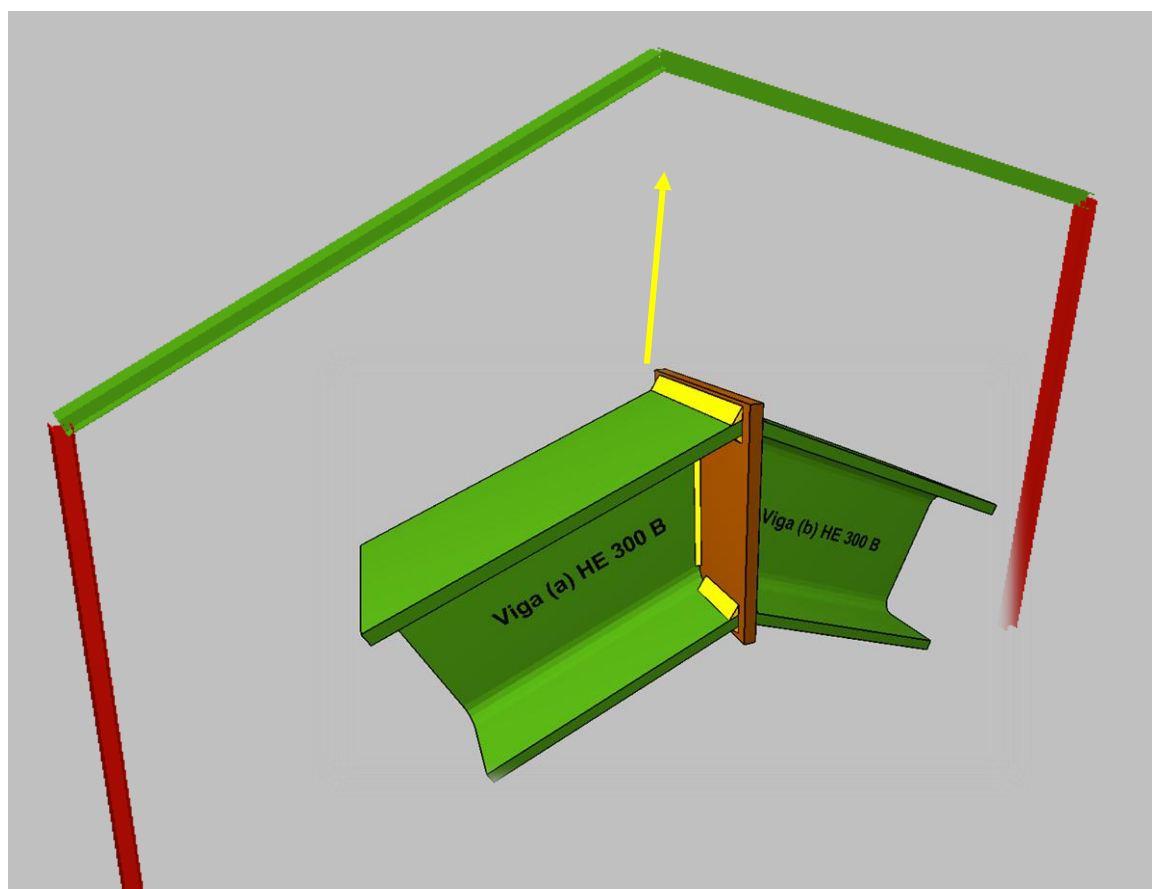


Figura 74 Unión entre vigas de cumbrera intermedias.

### 3.3. Cálculo de cimentación.

A continuación y para terminar se realiza el dimensionado de la cimentación como se puede ver no hay viga de atado entre las zapatas que se encuentran a los extremos de la puerta de entrada de la nave.

A continuación se muestra la nave con la cimentación y todos los perfiles ya dimensionados.

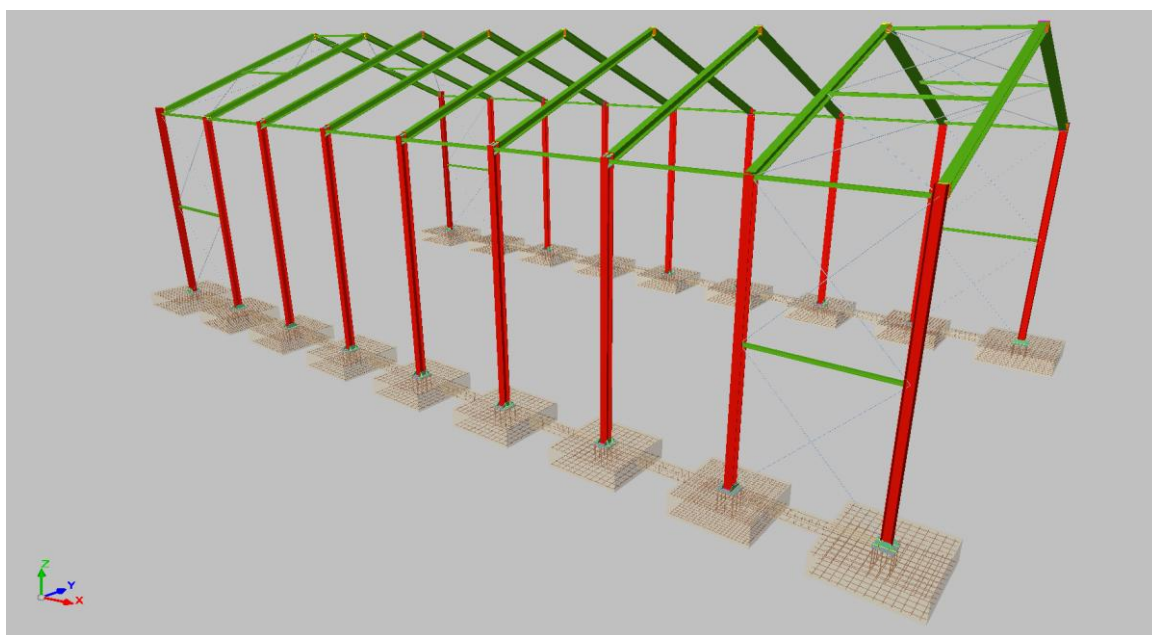


Figura 75 Aspecto final de la cimentación.

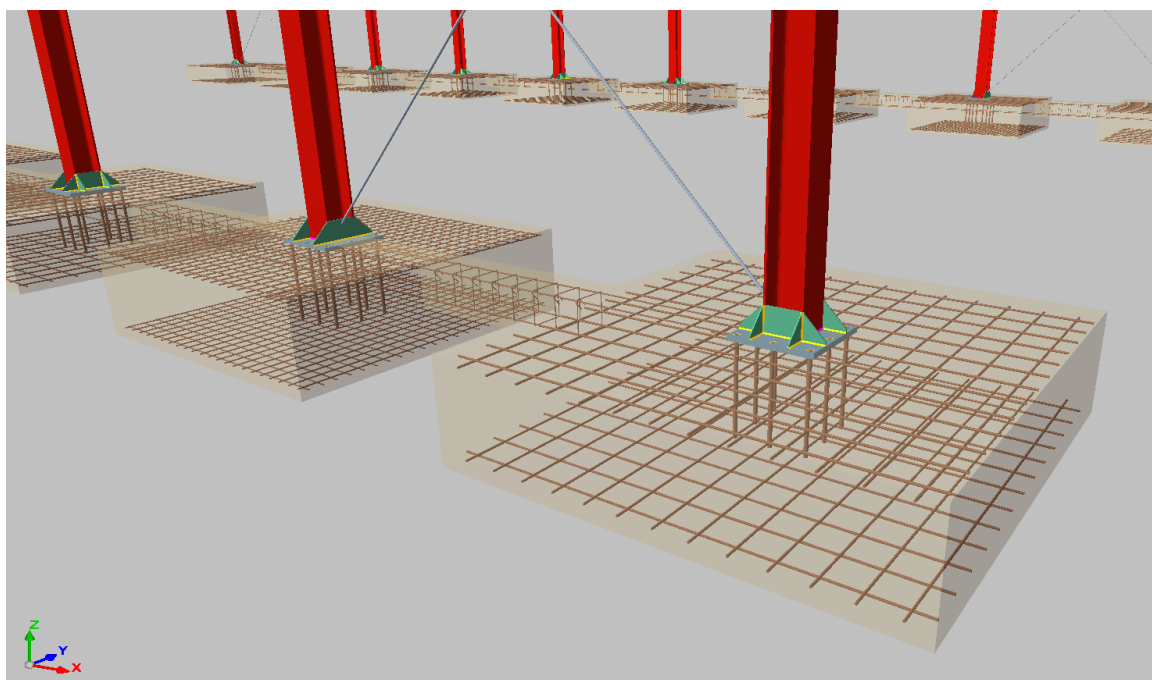


Figura 76 Detalle de zapatas



En la siguiente ilustración se aprecian las zapatas y las vigas de atado, además se dispone de la información sobre las características de cada una de las zapatas que se deben construir en obra. Esta información y otra mucha de vital importancia para la ejecución de la obra, se podrá ver más detalladamente en los planos.

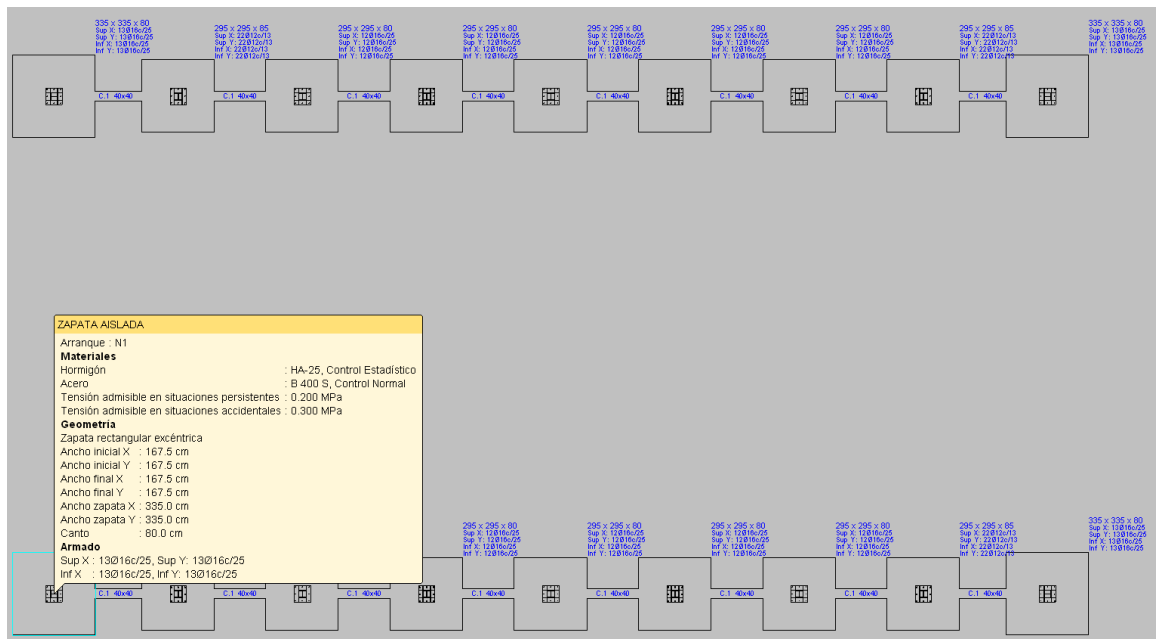


Figura 77 Características de la cimentación

De este modo quedara perfectamente definida la manera en la que realizarse la ejecución de la cimentación.

### 3.4. Análisis de rejillas de filtración mediante modelo de elementos finitos.

En la realización de este proyecto cabe destacar el diseño particular de las rejillas de filtración del agua. Esto ha sido necesario por el elevado peso de algunos de los vehículos que pueden entrar en la cabina de lavado. Ya que una pala CAT 352F L XE (2017) o cualquier otro modelo similar más grande o más pequeño ya rondan un peso de 50 Toneladas pero el problema principal lo presentan los CAT 797F para los que está dirigida esta cabina de lavado ya que su peso asciende hasta las 600 Toneladas.

De esta manera a parte de realizar una cimentación reforzada para que pueda soportar perfectamente el tránsito de estos vehículos de gran tonelaje el propio diseño de las parrillas o rejillas no puede limitarse a la incorporación de unas rejillas como las que se encuentran en cualquier lavadero de automóviles convencional.

Por este motivo se realiza una comprobación de la deformación o colapso del diseño seleccionado. Se comprueba el diseño incorporado con un espesor de rejilla comercial y lógico.

#### **Alternativas:**

- Rejilla gruesa apoyada en su perímetro: esta solución es la misma que se tiene en un lavadero de autos cotidiano con la salvedad de que su espesor y el grosor de sus rejillas es mayor. Tomando como espesor de partida 200 mm.
- Rejilla ligera sobre perfiles de acero doble T: en este caso se puede disminuir el espesor y grosor de la rejilla con el fin de incorporar una rejilla comercial y no tener que llevar a cabo un diseño particular que encarezca los costes de fabricación y transporte.

Se ha optado por el primero de los diseños ya que supone una ejecución a pie de obra más sencilla, para ello se va a realizar un análisis mediante elementos finitos donde se simula el apoyo del vehículo de mayor tonelaje que puede circular sobre estas, de este modo se buscara el límite de espesor que soporta las 600 Toneladas a partir de ahí se estudiara si el diseño definitivo es económicamente viable y posible de transportar y manejar en obra. En caso

contrario se optara por la segunda alternativa, instalando vigas de refuerzo bajo las rejillas comerciales de menor resistencia.

#### 3.4.1. Comprobación mediante Abacus CAE del diseño seleccionado.

Para la realización de este estudio sobre un modelo CAD de la rejilla de filtración se ha empleado el software de elementos finitos Abacus CAE. La rejilla comercial se puede ver en la siguiente ilustración:



**Figura 78 Rejilla comercial de Acero inoxidable de gran espesor.**

Aquí se ha podido ver que el espesor comercial es la mitad que el seleccionado en un primer momento obligando a realizar un segundo modelo para comprobar si el espesor comercial soporta las solicitaciones ya que como se muestra a continuación el primer modelo de 200 mm soportaba la carga sin deformarse.

Mediante este análisis se podrá dar por válido el modelo seleccionado con total confianza de que no cederá en estado de servicio.

Tras la exportación del modelo se ha realizado un primer pre-procesado o preparación de la pieza para la simulación:

- Asignación de las propiedades del material con el que se va a fabricar la pieza.

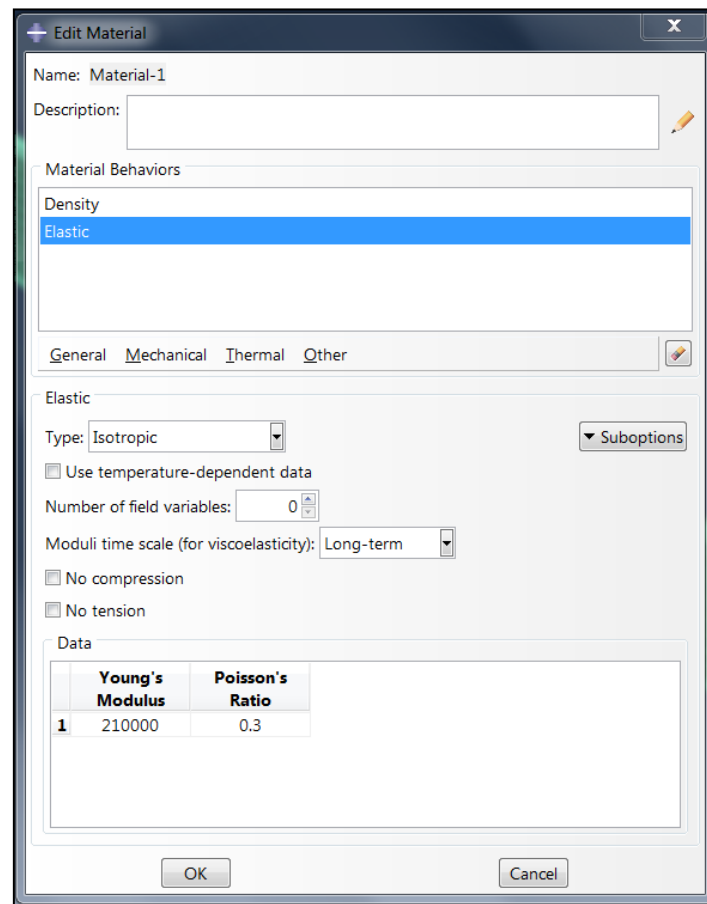


Figura 79 Propiedades del material.

- Se definen las áreas en las que se aplican las solicitaciones a las que va a estar expuesta. Para ello es necesario crear planos de división que cortan la pieza ficticiamente y de este modo simular lo más exactamente posible las zonas de contacto de los camiones en las que concentrara toda su carga.

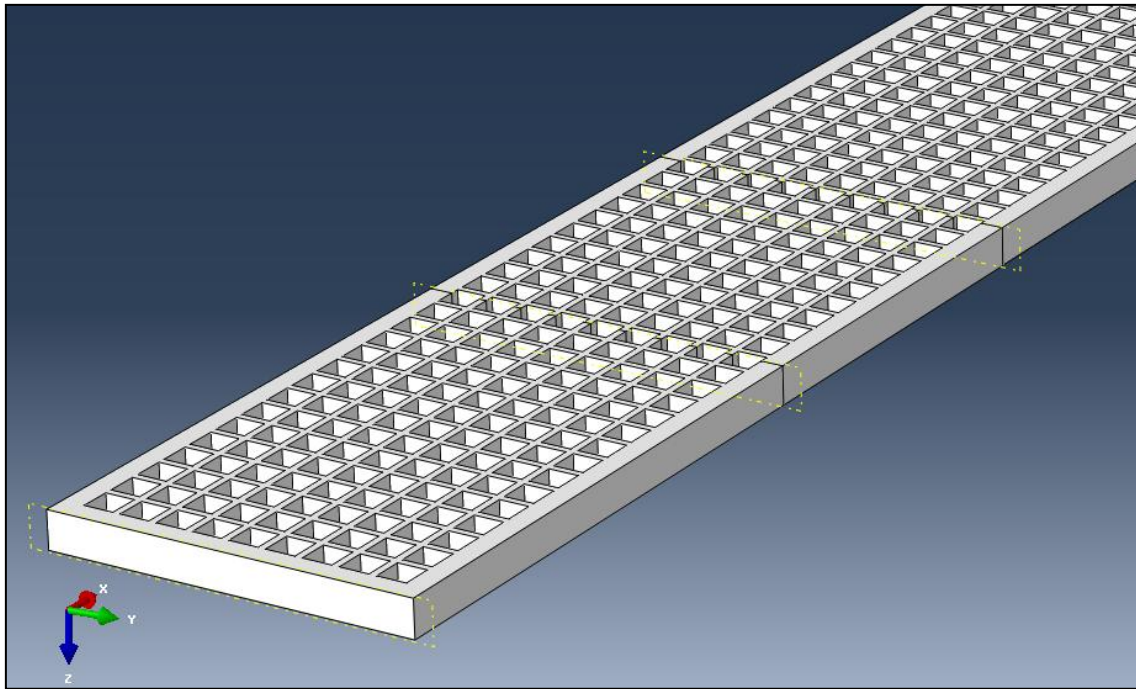


Figura 80 Pre-procesado del modelo.

- Se aplican las cargas y las restricciones de movimiento simulando la posición en la cabina de lavado, así como las superficie de apoyo que tendrán ruedas realizando así una simulación lo más real posible. Para ello se ha calculado:
  - Superficie de apoyo de los neumáticos: 1,696 m<sup>2</sup>.
  - Presión ejercida en cada una de las cuatro zonas de apoyo:

$$Presión = \frac{Peso \text{ CAT } 979F}{superficie} = \frac{600.000}{4 \cdot 1,696 \text{ m}^2} = 88443,39 \frac{Kg}{m^2}$$

$$88443,39 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow 867629,65 \frac{N}{m^2} \rightarrow 0,867 \text{ MPa}$$

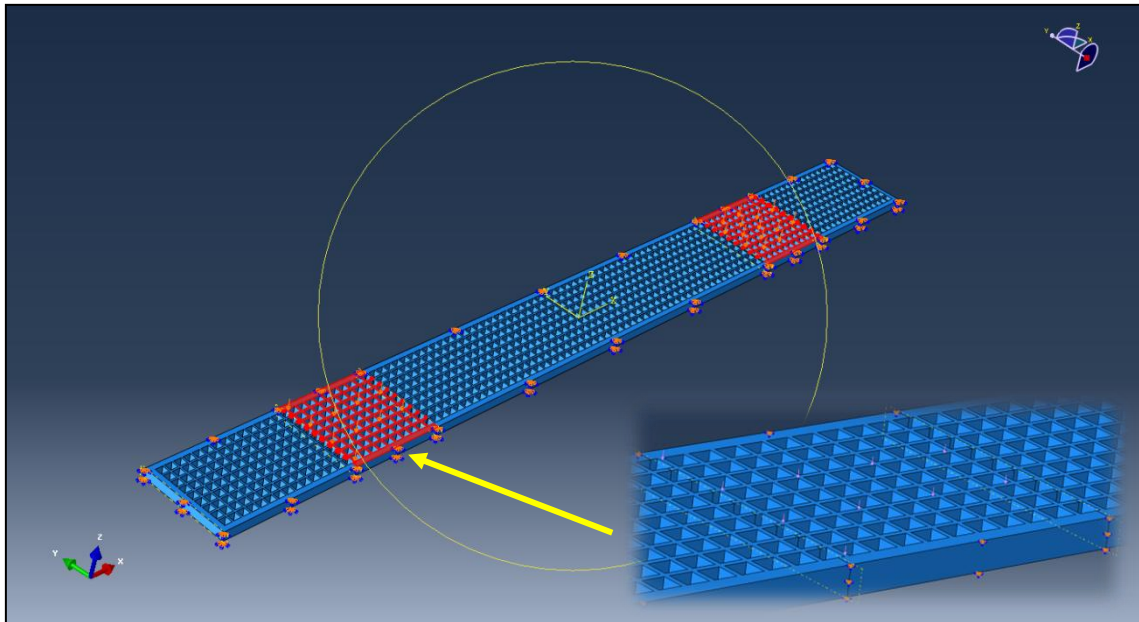


Figura 81 Cargas y restricciones en el modelo.

- Se aplican el mallado del modelo empleando una malla tetraédrica y lo suficientemente fina como para que el tamaño de malla no influya en la solución obtenida. Ya que se conocen caso que el empleo de una malla demasiado gruesa ha alterado y mucho los resultados obtenidos. Por este motivo es frecuente ir reduciendo el tamaño de malla hasta que el resultado converge a un valor. Puede darse el caso que al emplear una malla demasiado fina, la potencia computacional sea insuficiente o que el tiempo necesario para resolver el análisis aumente exponencialmente.



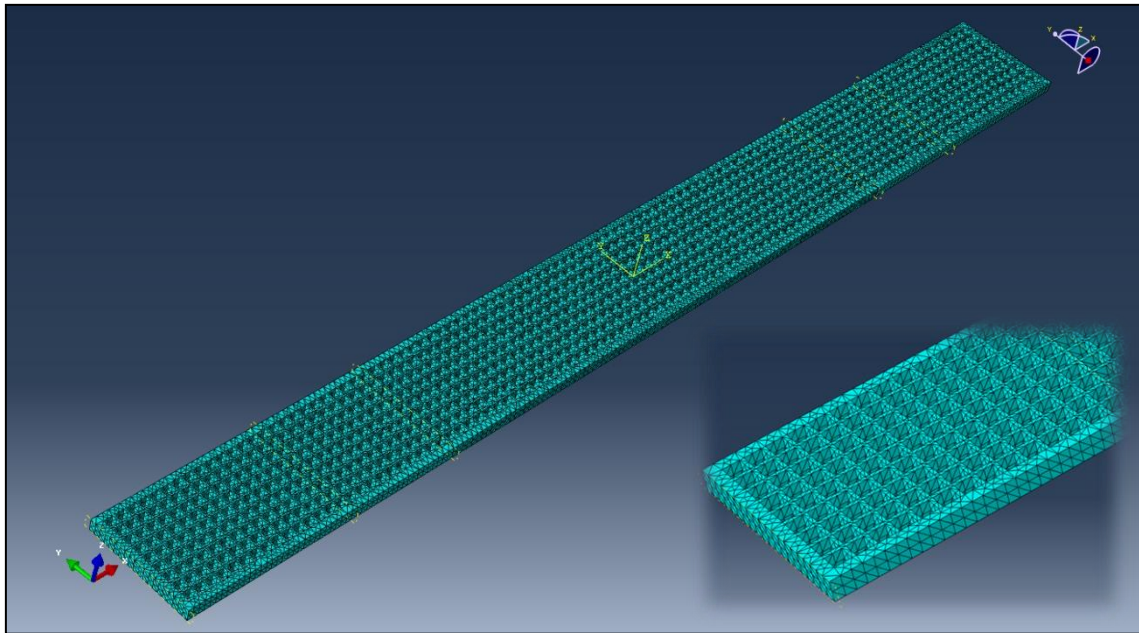
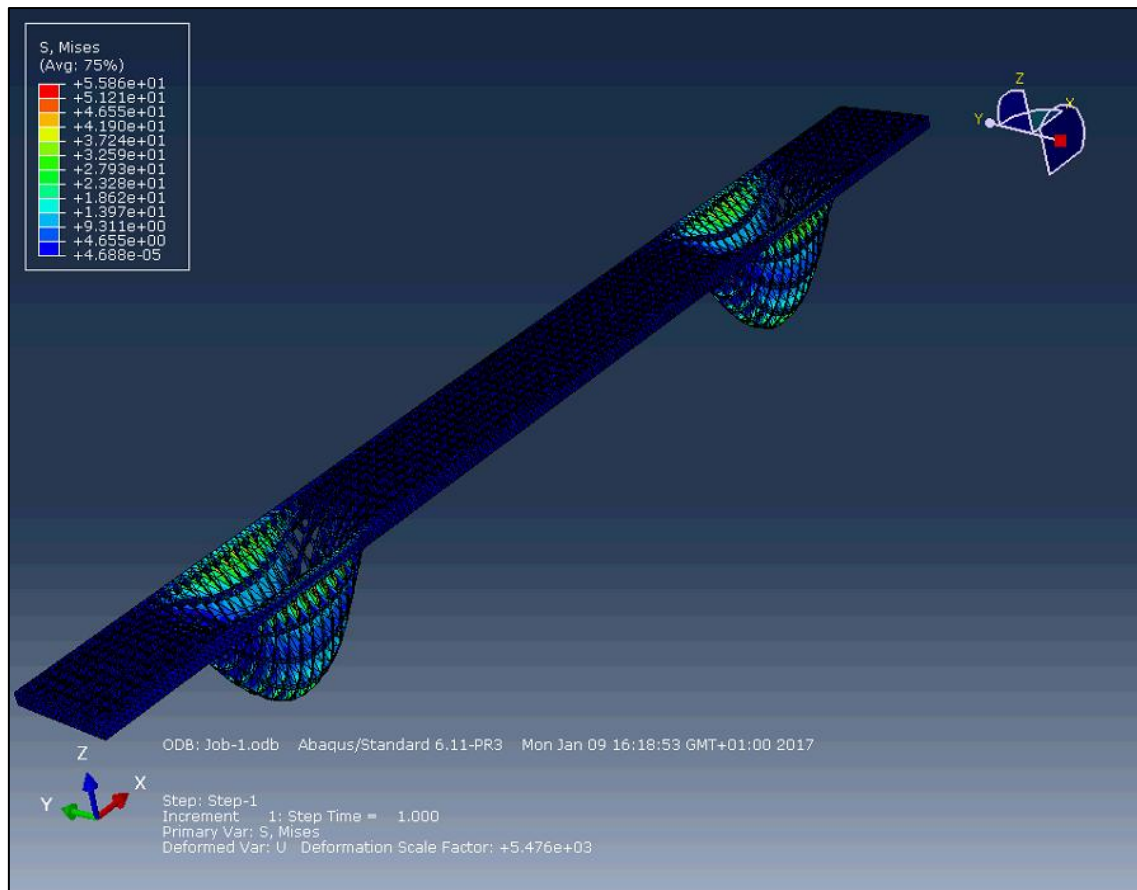


Figura 82 Mallado tetraédrico del modelo.

- Se crea las últimas parametrizaciones sobre el tipo de análisis o Job que se va a lanzar en Abacus CAE.
- Se estudian los resultados.

Como se puede ver a continuación se han obtenido unos resultados gratificantes ya que se buscan dos objetivos: que las deformaciones en la rejilla sean pequeñas o dentro de los límites admisibles y las tensiones que se produzcan estén por debajo del límite de fluencia del acero con el fin de evitar deformaciones permanentes.

### Rejilla de 200 mm:

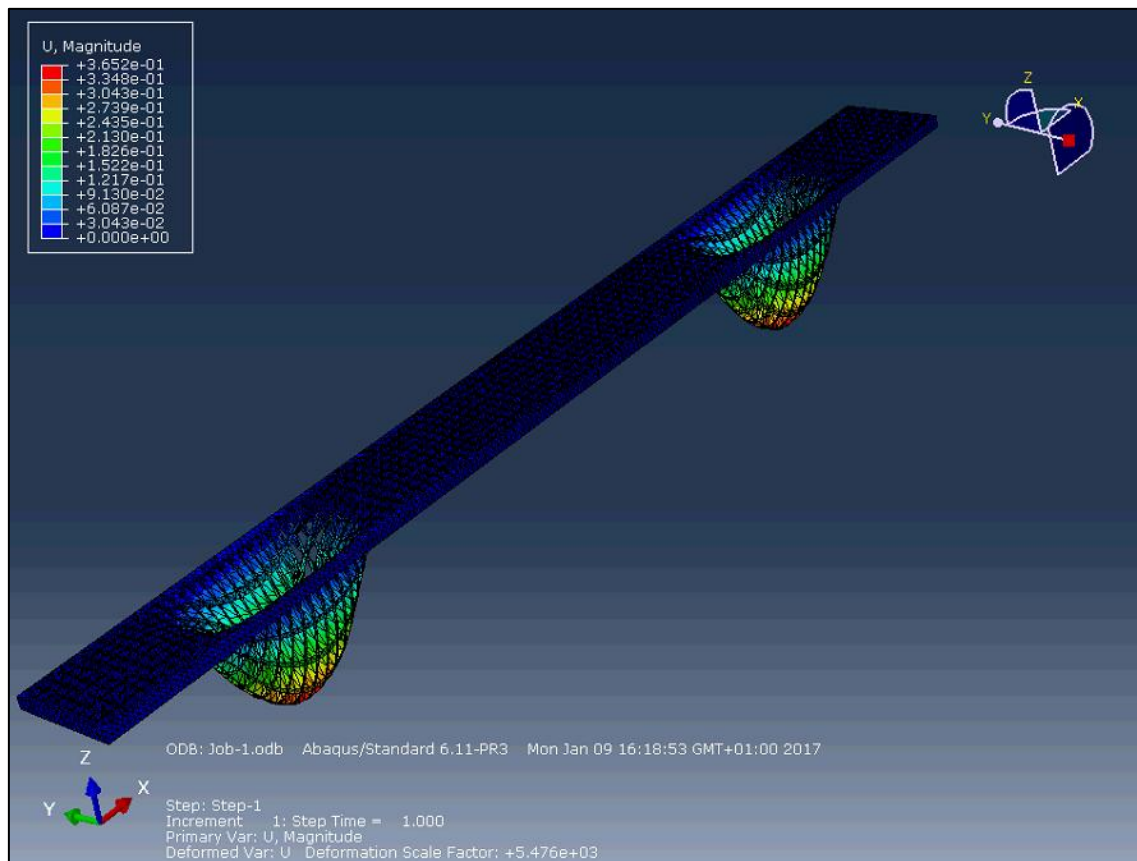


**Ilustración 1 Tensiones de Von Misses en la rejilla 200mm de espesor.**

Como se puede ver en la anterior imagen la máxima tensión que se produce en la rejilla es de 55,86 MPa y considerando que la rejilla está fabricada en Acero S275 el resultado se encuentra muy por debajo del límite de fluencia de este.

Cabe destacar que las máximas tensiones son producidas justo en las zonas de apoyo de la rejilla como es lógico. De este modo se puede dar por válido el resultado obtenido en el análisis en cuanto a tensiones del modelo.



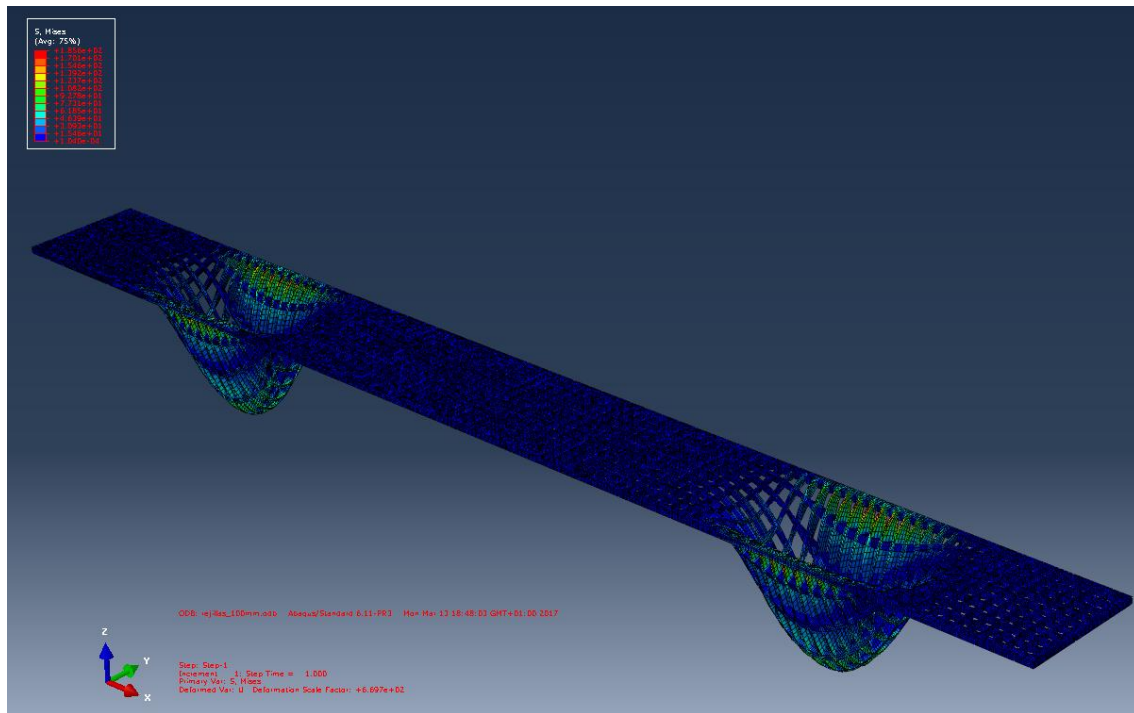


**Ilustración 2 Deformaciones en la rejilla 200 mm de espesor.**

Por otro lado la deformación producida en la rejilla es un punto importante. Como se ve en la anterior ilustración esta deformación en la parte central de la parrilla soportando el mayor vehículo de todos de 600 Toneladas es de tan solo 0,365 milímetros lo que resulta algo inapreciable.

En las imágenes los resultados de la deformación en las zonas de apoyo de las ruedas delanteras y traseras están escalados 5.476 veces a la realidad, esto lo realiza el propio programa para que exagerándolo se pueda ver el efecto, sino la chapa se vería prácticamente inalterada.

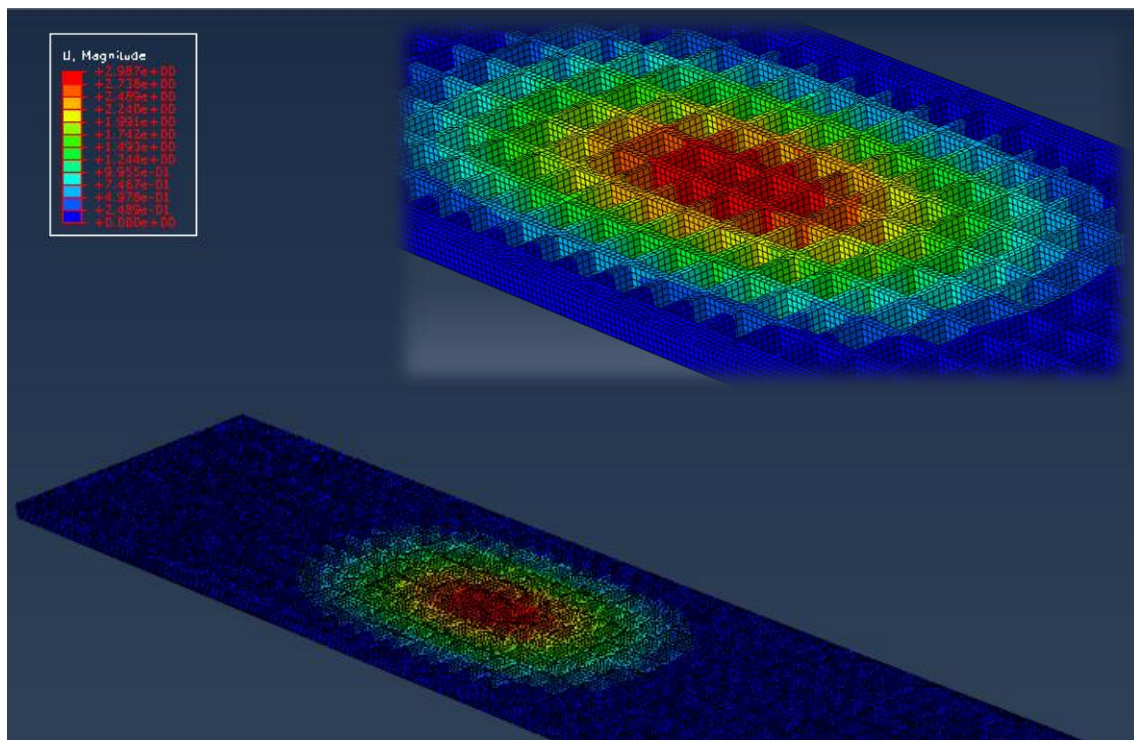
### **Rejilla comercial de 100 mm:**



**Figura 83 Deformación escalada en rejilla comercial 100 mm espesor.**

En el caso de la rejilla comercial la máxima tensión asciende hasta 185 MPa, por lo tanto el resultado se encuentra muy por debajo del límite de fluencia de este material.

De este modo se puede dar por válido el resultado obtenido en el análisis en cuanto a tensiones del modelo. Ya que si desescalamos la deformada 658 veces vemos cual sería se estado en la realidad.



**Figura 84 Concentración de tensiones debidas al peso de la maquinaria.**



Teniendo una deformación en la parte central de 2,89 mm respecto a su estado inicial.

Una vez realizado este estudio se puede afirmar que esta alternativa es perfectamente válida.

### 3.5. Cálculo de las tuberías de la cabina de lavado de maquinaria de alto tonelaje.

Una vez se dispone del diseño de la instalación de la cabina de lavado se procede a realizar el cálculo de las tuberías que son necesarias incorporar para garantizar la presión y el caudal necesario para el correcto funcionamiento de las boquillas y en definitiva realizar el mejor lavado posible.

Una vez conocidos los diferentes puntos de agua se pasa a calcular el caudal máximo de cada tramo, teniendo en cuenta los caudales que se consumen en cada boquilla según la presión de trabajo.

Según la presión que se establezca en el sistema y según el modelo de boquilla que instalemos, el consumo en litros por minuto de cada modelo de boquilla puede oscilar en gran medida.

Para el suministrador seleccionado, ASM, especializado en accesorios a alta presión y tras seleccionar una BOQUILLA DE LIMPIEZA DE ALTA PRESIÓN P/KARCHER ANGULO: 40° TIPO 22 con la que trabajando a una presión de 100 Bar el consumo se establece en 5 L/min.



Figura 85 Boquilla de lavado Tipo 22.

Como ya se ha comentado la combinación posible con los diferentes tipos de boquillas que se pueden encontrar en el mercado es infinita. Para ello se ha elaborado una hoja de cálculo Excel que se muestra más adelante.

TABLA "A" PRESION-CAUDAL																
TIPO	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	Bar.
01	0,70	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	
015	1,10	1,50	1,90	2,20	2,40	2,60	2,90	3,10	3,20	3,30	3,60	3,70	3,90	4,00	4,20	
02	1,40	2,00	2,50	2,90	3,20	3,50	3,80	4,10	4,30	4,50	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	
022	1,60	2,20	2,70	3,20	3,50	3,90	4,20	4,50	4,80	5,00	5,30	5,50	5,70	5,90	6,10	
025	1,80	2,50	3,10	3,60	4,00	4,40	4,80	5,10	5,40	5,70	6,00	6,20	6,50	6,70	7,00	
028	2,00	2,90	3,50	4,00	4,50	4,90	5,30	5,70	6,10	6,40	6,70	7,00	7,30	7,60	7,80	
03	2,20	3,10	3,70	4,30	4,80	5,30	5,70	6,10	6,50	6,80	7,20	7,50	7,80	8,10	8,40	

Figura 86 Tabla presión-caudal boquillas.

Conocido el caudal máximo que se establece para realizar los cálculos se pasa a calcular el coeficiente de simultaneidad según el número de boquillas. Este paso es como ya se sabe es muy importante en los cálculos de tuberías de agua fría y ACS en las viviendas y bloques de edificios ya que se supone que en ningún momento van a estar todos los aparatos en consumo.

$$K_v = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Siendo 'n' el número de aparatos o boquillas instaladas en el tramo. De este modo marcándose una pauta si 'n' se encuentra entre 1 y 2 aparatos,  $K_v = n$ , si por el contrario  $2 < n < 26$  entonces  $0,2 < K_v < 1$ .

El caudal real es por tanto:

$$Q_{real} = K_v \cdot Q_{máx}$$

Para nuestro cálculo del caudal real se aplica esta fórmula pero en el caso particular de la cabina de lavado el coeficiente de simultaneidad  $K_v$  tomara el valor del número máximo de boquillas que se incorporen en el tramo a calcular ya que en este caso todas las boquillas se encontraran en consumo cuando se realice el lavado de los vehículos. Se puede decir que el coeficiente de simultaneidad es 1 todo el tiempo y que no es de gran importancia en este caso, pero sí que debe determinarse en cálculos de redes de tuberías de viviendas, fábricas, etc., donde lo normal es que no se encuentren en funcionamiento todos los puntos de consumo de caudal.

Una vez conocido el caudal real, se procede a calcular el diámetro de la tubería, este se intentara redondear a uno comercial. Se parte de una velocidad del agua en la tubería de 1,5 m/s.

$$\left. \begin{aligned} Q &= V \cdot S \\ S &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \end{aligned} \right\} S = \frac{Q}{V} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad V_i = 1,5 \text{ m/s}, \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 1,5}}$$

Siendo:

- S = Sección interior de la tubería.
- Q = Caudal del agua en la tubería.
- V = Velocidad del agua en la tubería.
- D = Diámetro interior de la tubería.

Como se puede ver en los cálculos realizados en las hojas Excel se ha realizado el cálculo de las tuberías por pilares asignando unas etiquetas o referencias a cada una de las bajantes de este modo observamos que para el tramo 1-D según el modelo de boquillas comentado anteriormente se precisa un diámetro de 38,54 mm asignándole uno comercial de 40 mm de diámetro.

Dimensión y designación	Diámetro nominal – Ø dn	Diámetro exterior. Ø ext.
3/8 "	10	17,2
1/2 "	15	21,3
3/4 "	20	26,9
1 "	25	33,7
1 1/4 "	32	42,4
1 1/2 "	40	48,3
2 "	50	60,3
2 1/2 "	65	76,1
3 "	80	88,9
4 "	100	114,3
5 "	125	139,7
6 "	150	165,1

Figura 87 Tabla de diámetros para tuberías de acero galvanizado comerciales.

La evaluación de las pérdidas de carga accidental, se ha realizado mediante el método de Longitudes Equivalentes.

El valor de la pérdida de carga unitaria,  $j(\text{mca/m})$ , nos dará el valor de la pérdida en función de los metros de conducción; mientras que la pérdida de carga  $J(\text{mca})$ , nos proporciona el valor de pérdida de carga total, la cual se

calculará a partir de la Fórmula de Flamant, cuya expresión es: A continuación se presenta la formula:

$$j = \alpha \cdot \sqrt[4]{\frac{V^7}{D^5}} = \alpha \cdot V^{1,75} \left(\frac{m}{s}\right) \cdot D^{-1,25}(m)$$

$$J = \alpha \cdot V^{1,75} \left(\frac{m}{s}\right) \cdot L(m) \cdot D^{-1,25}(m)$$

En ella el valor de la rugosidad,  $\alpha$ , dependerá del material usado en la instalación pudiendo tomarse como coeficientes los valores siguientes:

$\alpha$  = **Tubería de acero galvanizado nueva = 0,0007**

Tubería de acero galvanizado usada = 0,00092

Tubería de fundición nueva = 0,00074

Tubería de cobre nueva = 0,00056

Tubería de plástico nuevo = 0,00054

J = pérdida de carga unitaria de la conducción.

V = velocidad de circulación del agua.

D = diámetro interior de la tubería considerada.

A partir de estos datos se han realizado una serie de ábacos (ábaco de Darles) deducidos de la fórmula de Flamant, mediante los cuales de una manera mecánica se obtienen las pérdidas de presión unitaria, j, que se buscan con una aproximación suficiente. Existen ábacos característicos para cada tipo de tubería; debido a la rugosidad del material.

Pero en este caso se ha optado por realizar una hoja Excel en la que se ha estudiado el sistema de tuberías de la cabina de lavado por tramos, obteniendo las perdidas en sus diferentes tramos y globales.

Gracias a la hoja Excel que se ha elaborado será posible realizar modificaciones si se desea instalar boquillas con prestaciones diferentes que modifiquen el caudal que debe circular por cada uno de los tramos.

Dado que el diseño de la cabina de lavado es simétrico observaremos que el estudio de caudales y perdidas se encuentra solamente calculado para la mitad



de la cabina de lavado ya que las tuberías verticales de un lado van a tener las mismas necesidades que en el otro. Esto no quiere decir que para el cálculo de las tuberías superiores no se haya tenido en cuenta el caudal necesario para la otra mitad. Así pues se observa que para el tramo B y C el caudal está multiplicado por 2 por este motivo se tiene una tubería de suministro de 140 mm de diámetro.

A continuación se puede ver las etiquetas que se han establecido a los diferentes tramos y los cálculos realizados.

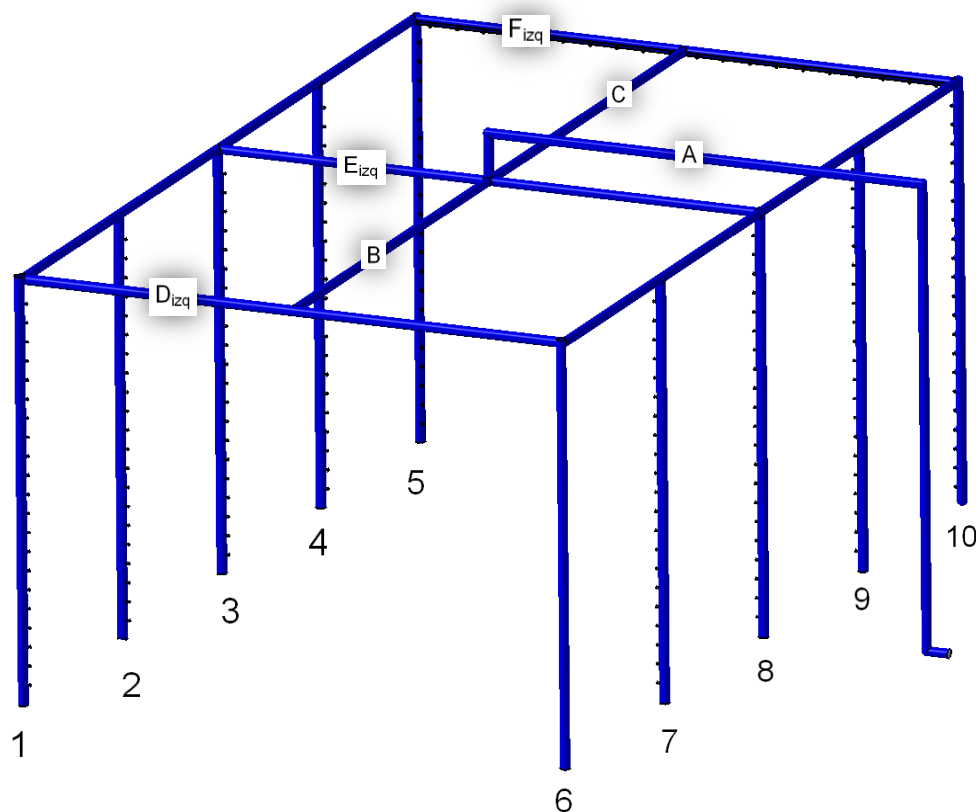


Figura 88 Estructura de tuberías con etiquetas para el cálculo de los tramos.

Como se puede ver a continuación a pesar de los caudales tan grandes y el diámetro de los conductos las pérdidas que se producen no van a suponer riesgo alguno al funcionamiento de la instalación.



Distribución de tuberías - Cálculos										
Tramo	Puntos	Dispositivo	Qj (l/s)	Ks	Q(l/s)	V(m/s)	D	DN	Dint	Vreal
1	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	19	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	20	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	21	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	1-D	TUBERIA 1-D	1,75	1,00	1,75	1,5	38,54	42	40	1,393
2	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	19	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	20	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	21	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0

	2-E	TUBERIA 2-E	1,75	1,00	1,75	1,5	38,54	42	40	1,393
3	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	19	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	20	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	21	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3-E	TUBERIA 3-E	1,75	1,00	1,75	1,5	38,54	42	40	1,393
4	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	19	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	20	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	21	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	1-E	TUBERIA 4-E	1,75	1,00	1,75	1,5	38,54	42	40	1,393

5	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	19	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	20	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	21	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5-F	TUBERIA 1-D	1,75	1,00	1,75	1,5	38,54	42	40	1,393
TRAMOS SUPERIORES Y SUMINISTRO										
D izq	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	D-izq	Tuberia D-izq	2,55	1,00	2,55	1,5	46,52	52	50	1,29
E izq	E-izq	Tuberia D-izq	5,25	1,00	5,25	1,5	66,76	72	70	1,36
F izq	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	0	0	0

	D-izq	Tuberia D-izq	2,55	1,00	2,55	1,5	46,52	52	50	1,3
B	B	Tuberia B	5,1	1,00	5,10	1,5	65,80	72	70	1,33
C	C	Tuberia C	5,1	1,00	5,10	1,5	65,80	72	70	1,33
A	A	Tuberia A	20,7	1,00	20,7	1,5	132,6	142	140	1,35

Figura 89 Cálculos de pérdidas en tuberías de la "CLMP".

	TRAMOS	Caudal	Diámetro tub	Velocidad	Longitud (m)	Pérdidas en (m.c.a.)
PILARES DE LA CABINA DE LAVADO	Zona 1-D	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 2-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 3-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 4-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 5-F	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 6-D	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 7-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 8-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 9-E	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
	Zona 10-F	1,75	40	1,392605752	9	0,628731014
TRAMOS DE TUBERIA SUPERIORES	D izq	2,55	50	1,298704336	6	0,28065953
	D derch	2,55	50	1,298704336	6	0,28065953
	E izq	5,25	70	1,364185227	6	0,200865379
	E derch	5,25	70	1,364185227	6	0,200865379
	F izq	2,55	50	1,298704336	6	0,28065953
	F derch	2,55	50	1,298704336	6	0,28065953
	B	5,1	70	1,325208506	9,73	0,309624776
	C	5,1	70	1,325208506	9,73	0,309624776
SUMINISTRO	A	20,7	140	1,344696866	26	0,356865061
Pérdida Total						8,787793627

Figura 90 Resumen de pérdidas de carga en la cabina de lavado.

De este modo se estiman una pérdida de 8,78 m.c.a. lo que equivale a la pérdida de 1 Bar aproximadamente en el entramado. En cuanto a las pérdidas de carga de elementos aislados se ha establecido un porcentaje equivalente sobre las perdidas primarias del 30 % con el que estaría más que cubierta dicha pérdida de carga. Así pues se obtiene una pérdida de carga de elementos aislados de 2,63 m.c.a. lo que hace un total de 11,42 m.c.a.

Del mismo modo que se ha empleado este método para obtener las pérdidas que se producen en el tramo de tuberías que suministra el sistema de limpieza de bajos.

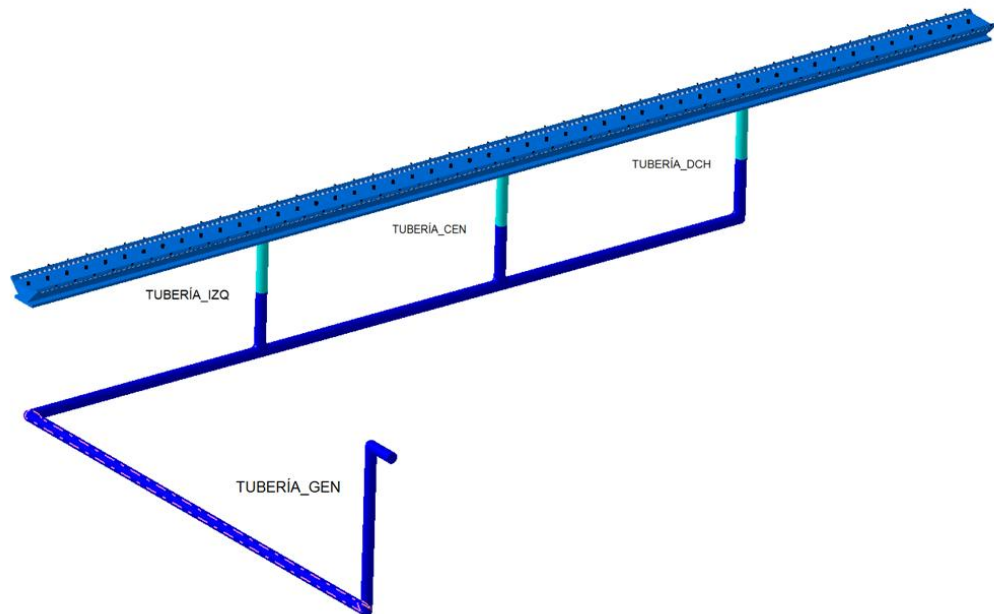


Figura 91 Tramos del Sis. Limpieza de bajos

Cabe destacar que para el caso de los cañones de agua no se precisa un cálculo de pérdidas ya que las necesidades que estos tienen son muy inferiores al sistema de limpieza de bajos y se considera que si el grupo de bombeo es capaz de afrontar las necesidades de este, perfectamente asumirá las necesidades de presión y caudal de los cañones de limpieza manual.

Como se puede ver en la tabla los cálculos de pérdidas se realizan en base a la instalación de boquillas de N° 22 con 40 grados de arco de limpieza y con un consumo a 100 Bar de 0,08 L/s en cualquier caso es posible modificar los cálculos variando el tipo de boquillas, aunque esto no supondrá ningún inconveniente al funcionamiento del lavadero.

SISTEMA DE LIMPIEZA DE BAJOS - PÉRDIDAS										
Tramo	Puntos	Dispositivo	Qj (l/s)	Ks	Q(l/s)	V(m/s)	D	DN	Dint	Vreal
IZQ	1	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0

	7	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	17	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	18	BOQUILLA 22, 40º	0,08			1,5	0,00	22	20	0
	IZQ	TUBERIA_IZQ	1,50	1,00	1,50	1,5	35,68	42	40	1,194
CEN	1	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0,00
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	15	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	16	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0,00			0,00
	CEN	TUBERIA_CEN	1,3333	1	1,33	1,5	33,64	42	40	1,061
DCH	1	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	2	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	3	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	4	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	5	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	6	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	7	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	8	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	9	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	10	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	11	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	12	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	13	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
	14	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0

15	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
16	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
17	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
18	BOQUILLA 22, 40º	0,0833			1,5	0			0
DCH	TUBERIA_DCH	1,5	1	1,5	1,5	35,68	42	40	1,194
TUBERIA_GEN		4,33	1	4,33	1,5	60,65	72	70	1,126

Figura 92 Cálculos de pérdidas en Sis. Limpieza de bajos.

TRAMOS	Caudal	Diametro tub	Velocidad	Longitud (m)	Pérdidas en (m.c.a.)
TUBERIA_IZQ	1,19	40	0,946971911	8	0,284579072
TUBERIA_CEN	1,06	40	0,843521198	9	0,261477042
TUBERI_DCH	1,19	40	0,946971911	8	0,284579072
TUBERIA_GEN	3,44	70	0,893866129	38	0,607066026
Pérdida Total					1,437701211

Figura 93 Resumen pérdidas en tuberías del Sis. Limpieza de bajos.

En esta ocasión las pérdidas equivalen a 1,43 m.c.a que sumando un 30% de pérdidas secundarias ascienden a 1,86 m.c.a. Estos valores dadas las magnitudes de los equipos de bombeo y el sobredimensionado que se ha hecho para garantizar un óptimo lavado de los vehículos, hacen que las perdidas no ocasionen ningún problema al funcionamiento del lavadero.

En cualquier momento estará disponible la hoja de cálculo para poder realizar previsiones de demanda de caudal por la variación de boquillas y presiones de trabajo así como de las pérdidas que se producirán en un nuevo escenario de trabajo.



# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

4. Planos. Volumen 1/1

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA:

Junio de 2017.



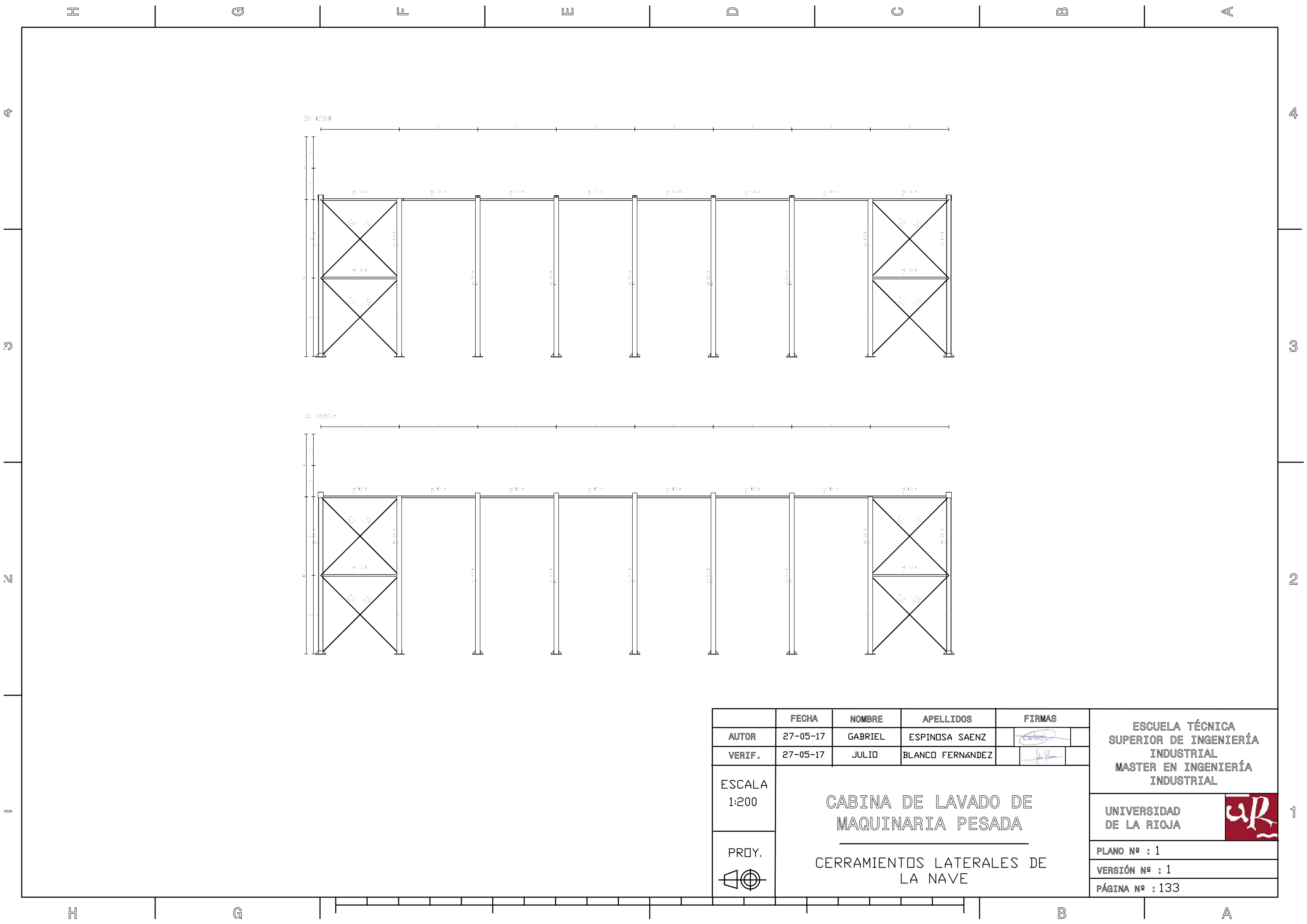






## 4. Planos.

### Índice de los Planos.

4. Planos. ....	131
Índice de los Planos. ....	131
4.1. Plano - Cerramientos laterales de la nave. ....	133
4.2. Plano - Cubierta de la nave. ....	134
4.3. Plano - Vista frontal de la nave ....	135
4.4. Plano - Vista trasera de la nave ....	136
4.5. Plano - Representación 3D Nave. ....	137
4.6. Plano - Cimentación. ....	138
4.7. Plano - Vigas de atado. ....	139
4.8. Plano - Zapatas. ....	140
4.9. Plano - Zapatas. ....	141
4.10. Plano - Estructura de tuberías de la cabina de lavado. ....	142
4.11. Plano - Sistema de limpieza de bajos. ....	143
4.12. Plano – Sistema de tratamiento de aguas. ....	144





	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINDOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:200	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA  CERRAMIENTOS LATERALES DE LA NAVE					UNIVERSIDAD DE LA RIOJA 
PROY. 						PLANO Nº : 1
						VERSIÓN Nº : 1
						PÁGINA Nº : 133

4

3

2

1

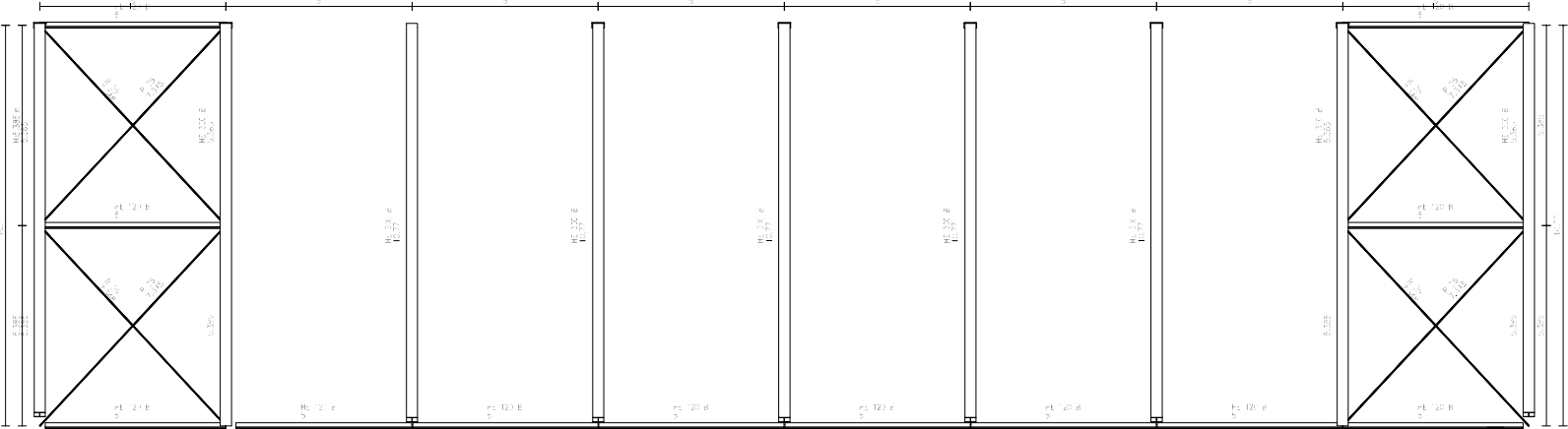
4

3

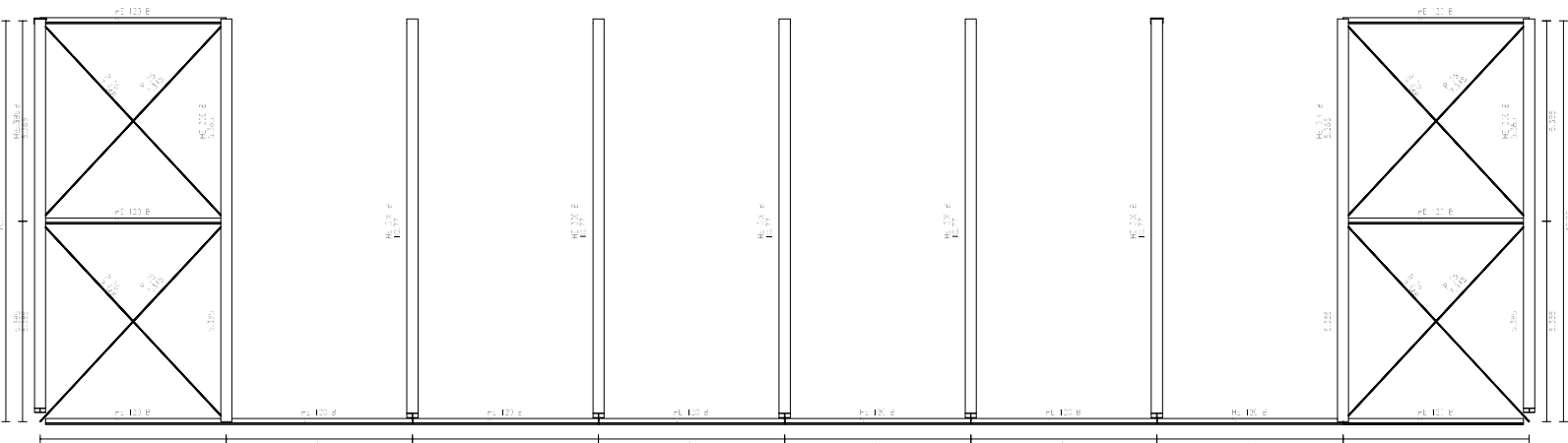
2





1

2D: TEJA\_IZQ



2D: TEJA\_DERCH



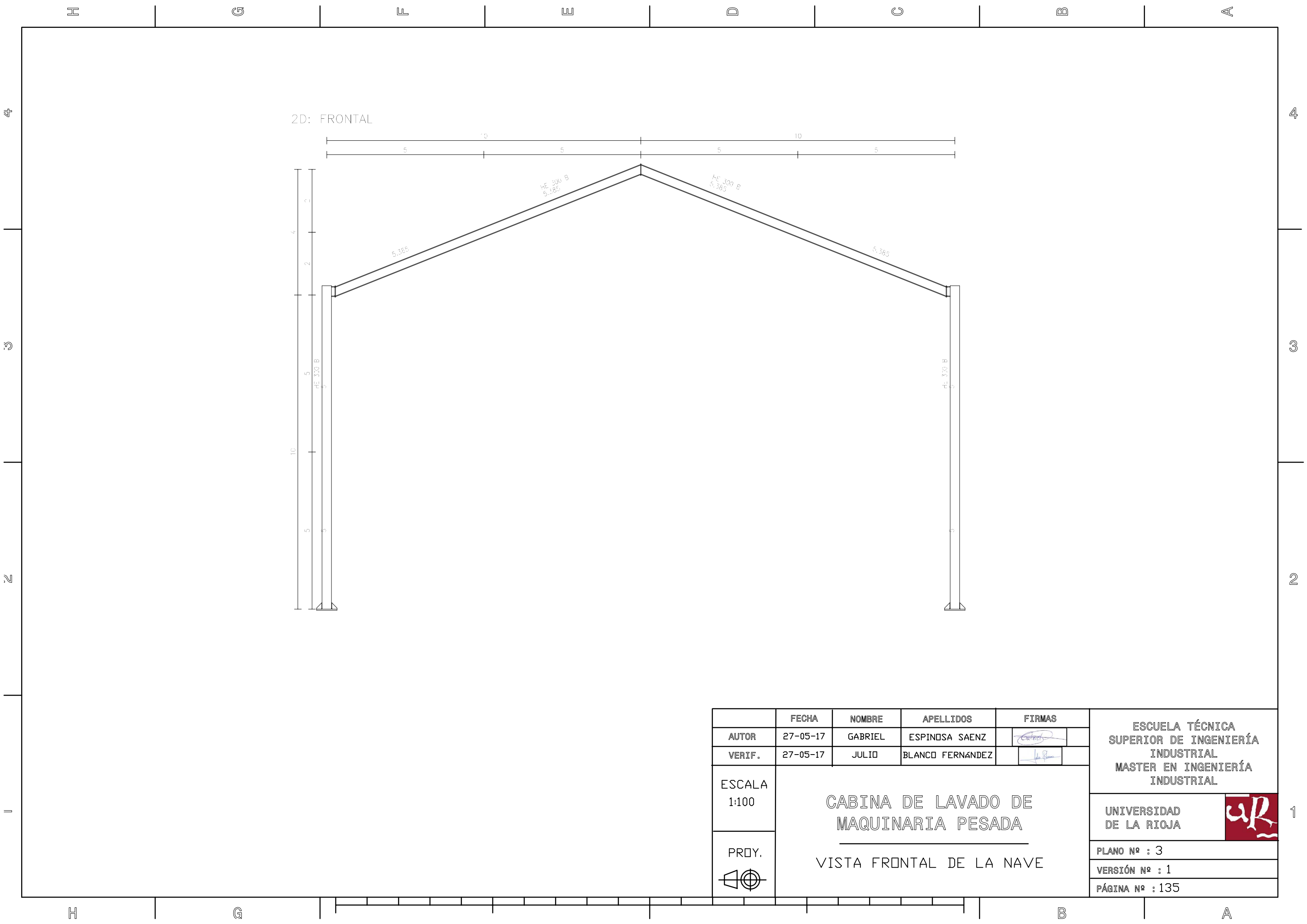
	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINDOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:200	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
PROY.						
					PLANO Nº : 2	
					VERSIÓN Nº : 1	
					PÁGINA Nº : 134	





H

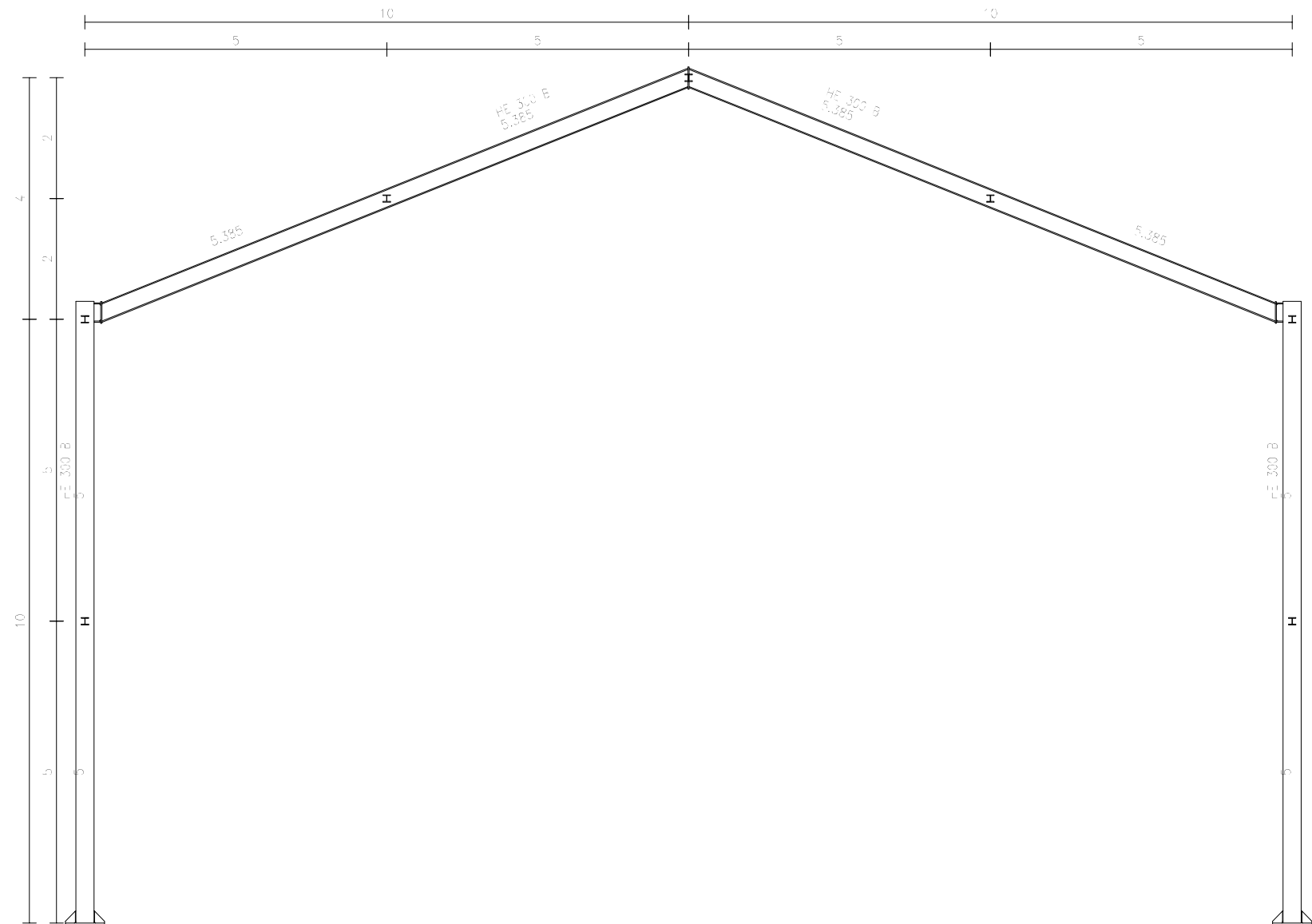
G





B

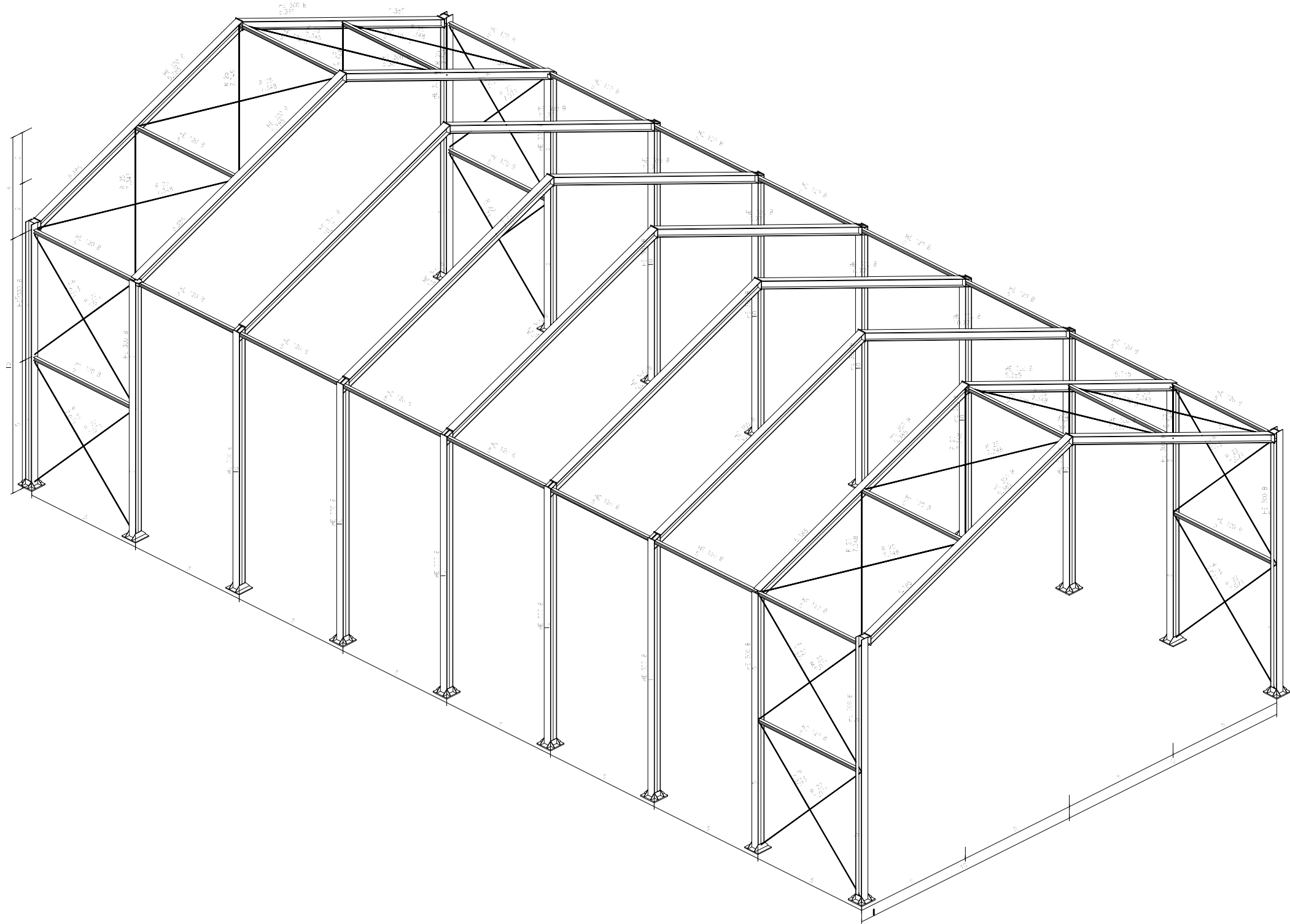
A



	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINDOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:100	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA  VISTA FRONTAL DE LA NAVE					UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
PROY. 						
						PLANO Nº : 3
						VERSIÓN Nº : 1
						PÁGINA Nº : 135

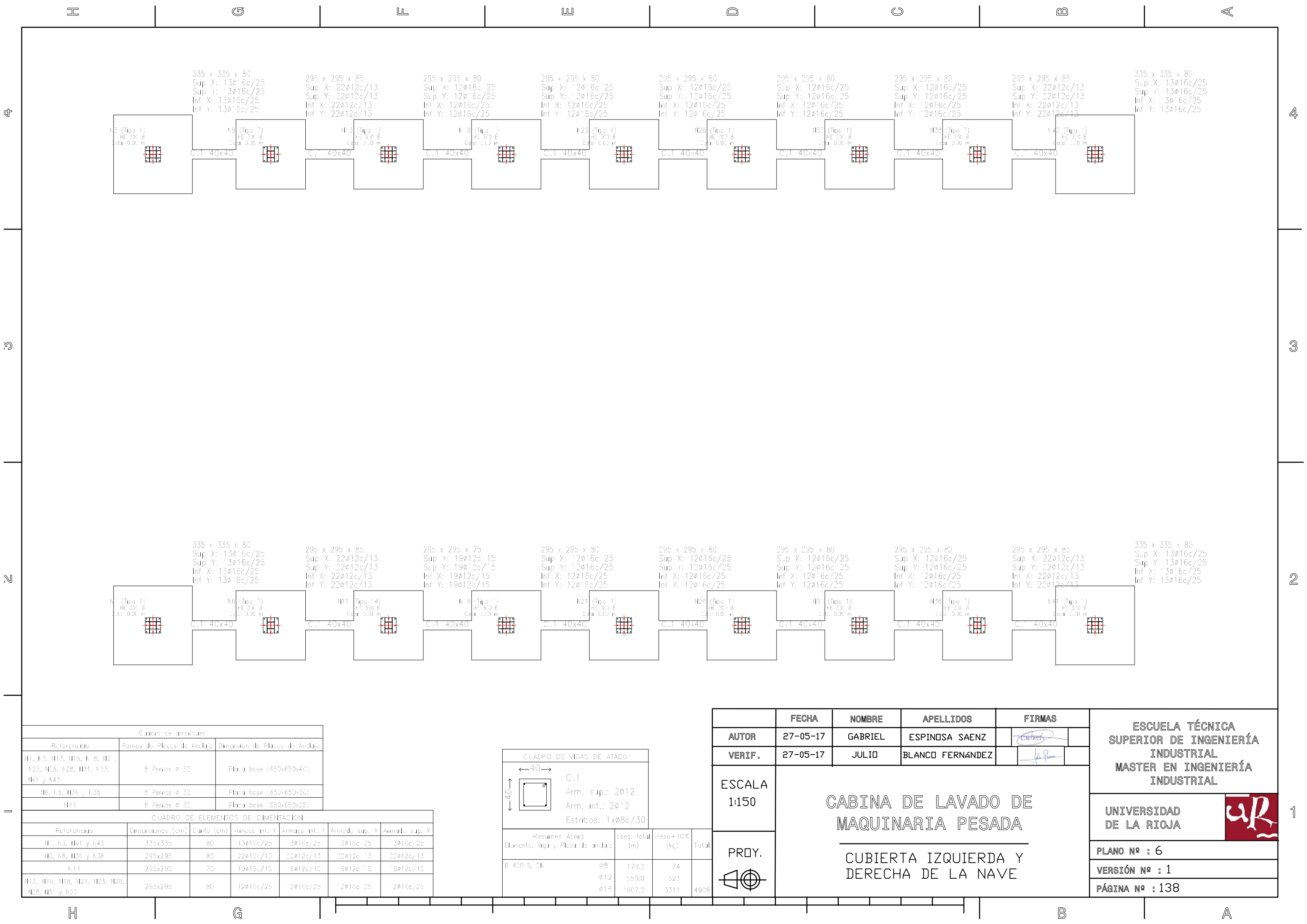


	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS		<p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:100	<p>CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA</p> <hr/> <p>VISTA TRASERA DE LA NAVE</p>					<p>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</p> 
PROY.						
						
						<p>PLANO Nº : 4</p> <p>VERSIÓN Nº : 1</p> <p>PÁGINA Nº : 136</p>



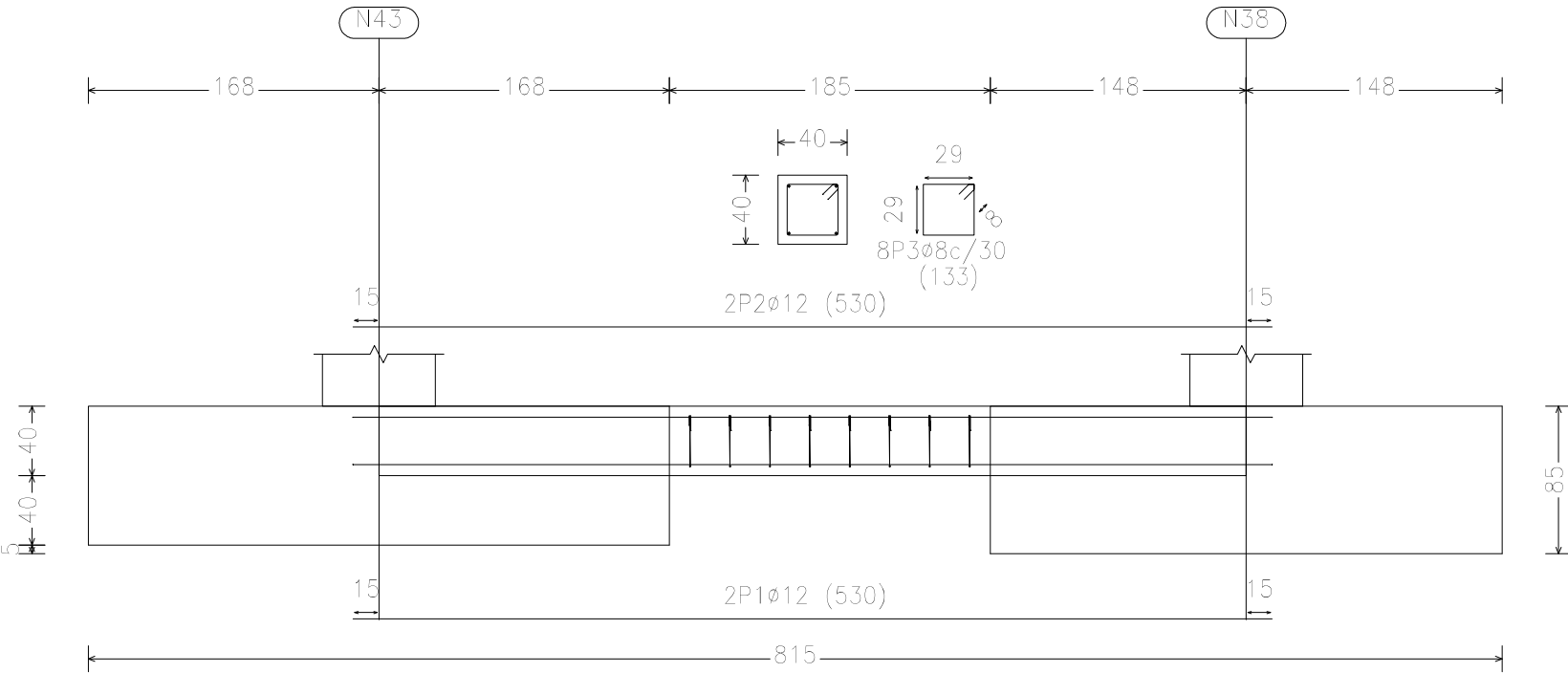
	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINDOSA SAENZ		
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ		
ESCALA 1:200	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA  VISTA GENERAL DE LA NAVE				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
PROY. 					
					PLANO Nº : 5
					VERSIÓN Nº : 1
					PÁGINA Nº : 137





Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 400 S, CN (kg)
C.1 [N43-N38]=C.1 [N6-N1]	1	ø12	2	530	1060	9.4
C.1 [N38-N33]=C.1 [N36-N31]	2	ø12	2	530	1060	9.4
C.1 [N8-N3]=C.1 [N31-N26]	3	ø8	8	133	1064	4.2
C.1 [N28-N23]=C.1 [N26-N21]						
C.1 [N11-N6]=C.1 [N21-N16]						
C.1 [N18-N13]=C.1 [N16-N11]						
C.1 [N13-N8]=C.1 [N41-N36]						
C.1 [N23-N18]=C.1 [N33-N28]						
Total+10%:					(x16):	25.3
						404.8
					ø8:	73.6
					ø12:	331.2
					Total:	404.8

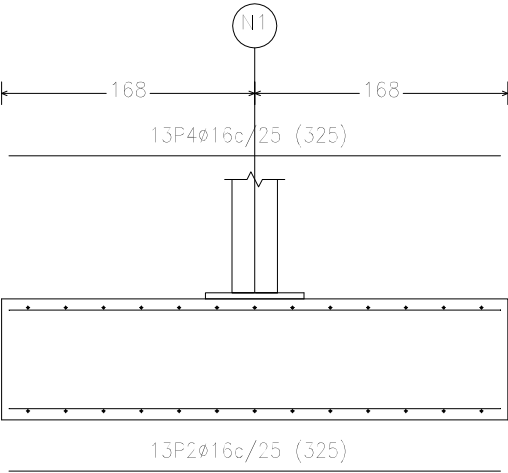
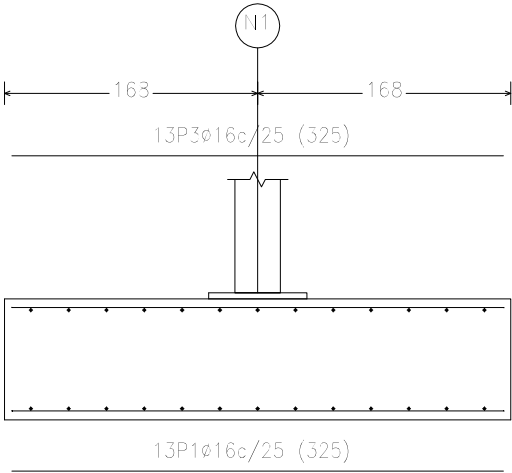
C.1 [N43-N38], C.1 [N6-N1], C.1 [N38-N33], C.1 [N36-N31], C.1 [N8-N3], C.1 [N31-N26], C.1 [N28-N23],  
C.1 [N26-N21], C.1 [N11-N6], C.1 [N21-N16], C.1 [N18-N13], C.1 [N16-N11], C.1 [N13-N8],  
C.1 [N41-N36], C.1 [N23-N18] y C.1 [N33-N28]



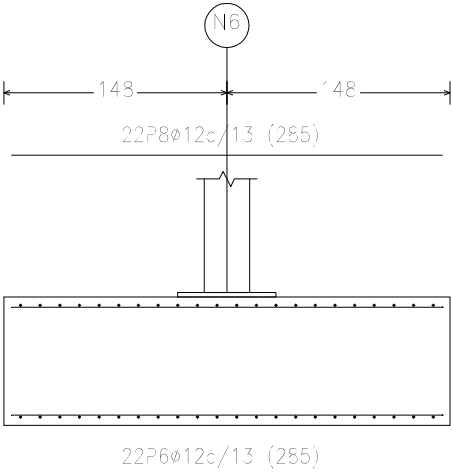
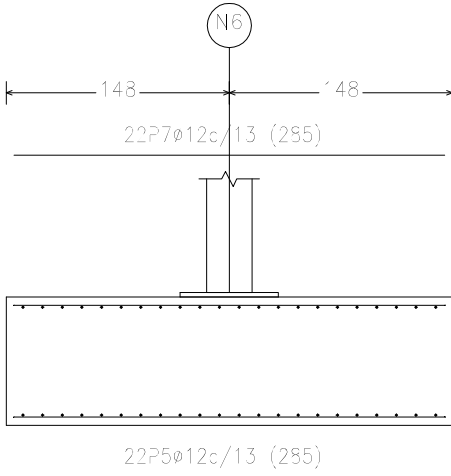
	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINDOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:50	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
PROY.					PLANO Nº : 7	
					VERSIÓN Nº : 1	
					PÁGINA Nº : 139	





Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	± 400 S. CN (kg)
N1=N3=N4=N43	1	ø16	13	325	4225	66,7
	2	ø16	13	325	4225	66,7
	3	ø16	13	325	4225	66,7
	4	ø16	13	325	4225	66,7
Total= 0%: (x4):						293,5 1174,0
N6=N8=N36=N38	5	ø12	22	295	6270	55,7
	6	ø12	22	295	6270	55,7
	7	ø12	22	295	6270	55,7
	8	ø12	22	295	6270	55,7
Total= 0%: (x4):						245,1 980,4
				ø12:	980,4	
				ø16:	1174,0	
				Total:	2154,4	

N1, N3, N41 y N43



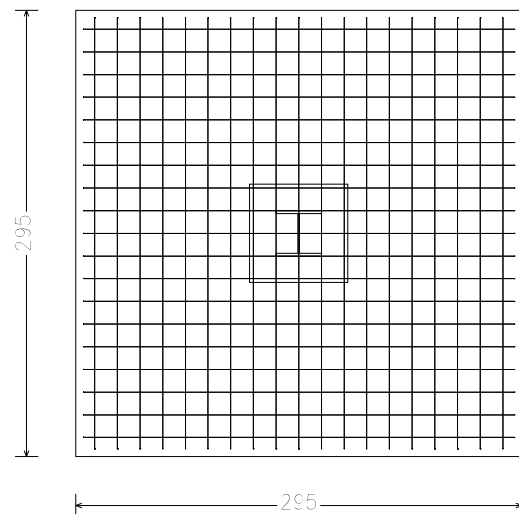
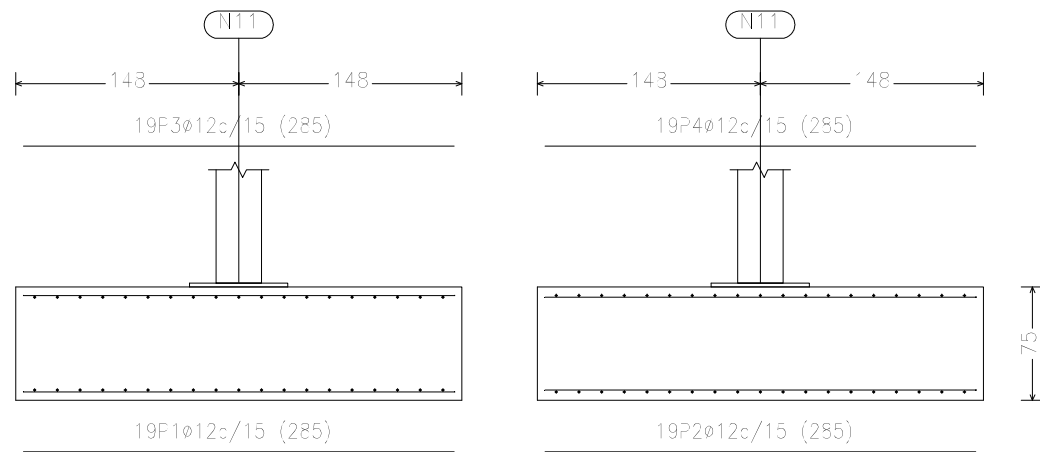
N6, N8, N36 y N38



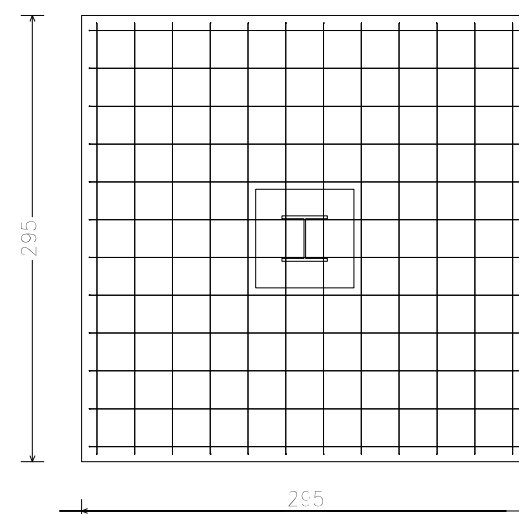
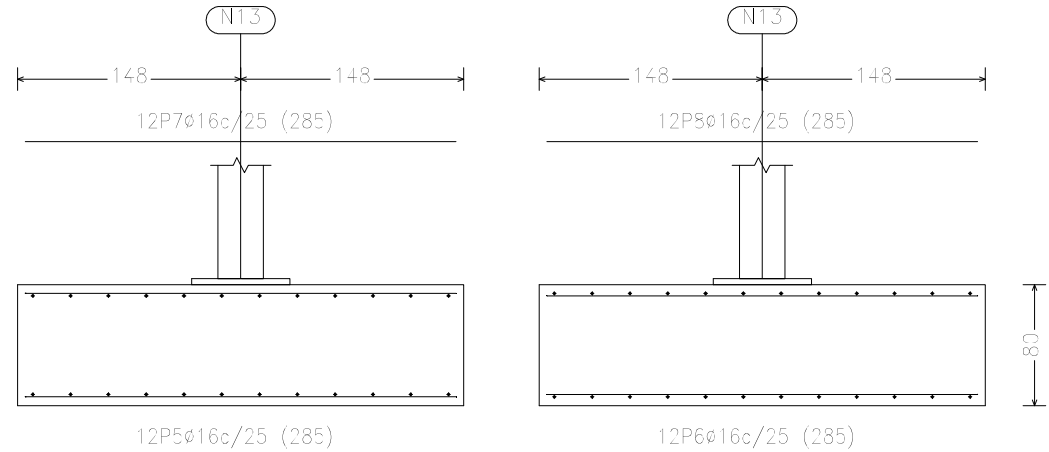
	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINOSA SAENZ		
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ		
ESCALA 1:50	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA  <hr/> ZAPATAS				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
PROY.					
					PLANO Nº : 8
					VERSIÓN Nº : 1
					PÁGINA Nº : 140





Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 400 S, CN (kg)
N11	1	Ø12	19	285	54"5	48."
	2	Ø12	19	285	54"5	48."
	3	Ø12	19	285	54"5	48."
	4	Ø12	19	285	54"5	48."
	Total+10%:					211,6
N13=N16=N18=N21=N23=N26 N28=N31=N33	5	Ø16	12	285	3420	54,0
	6	Ø16	12	285	3420	54,0
	7	Ø16	12	285	3420	54,0
	8	Ø16	12	285	3420	54,0
	Total+10%: (x9):					237,6 2138,4
					Ø12:	211,6
					Ø16:	2138,4
					Total:	2350,0

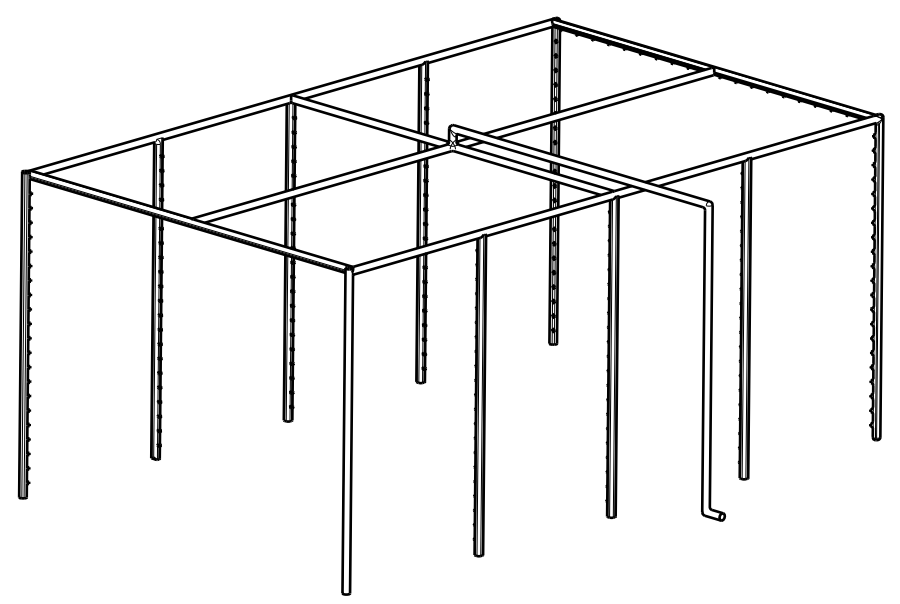
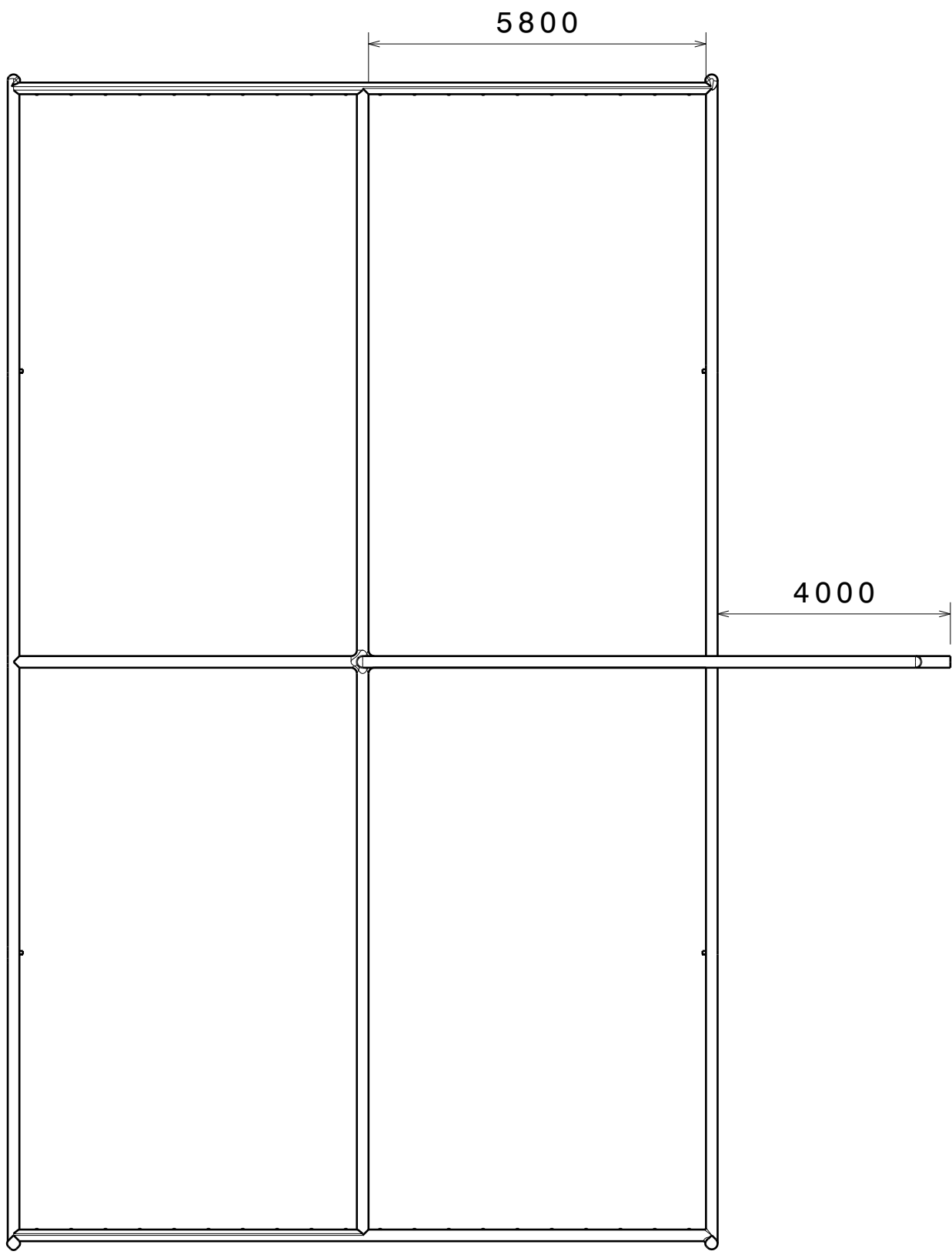
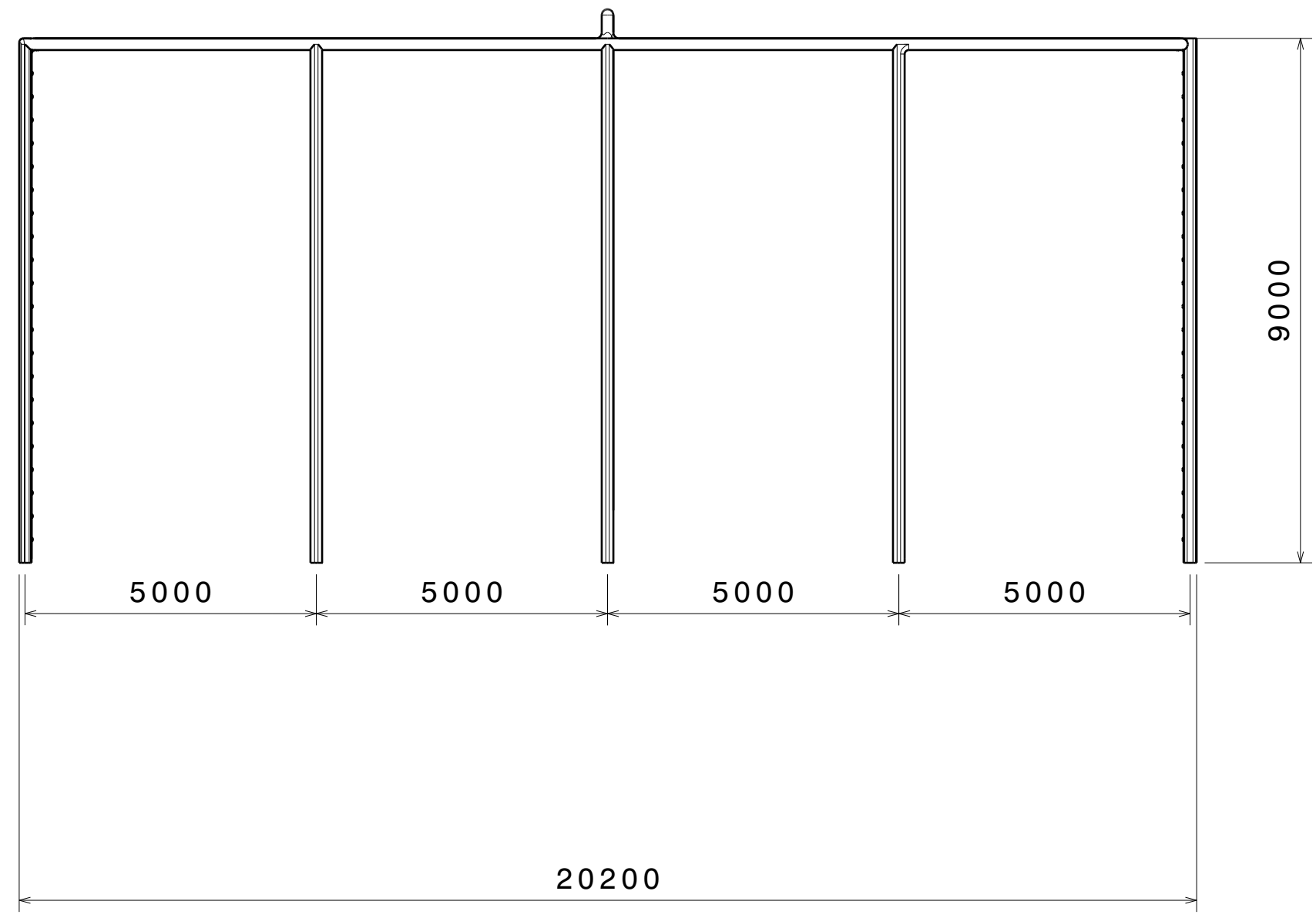
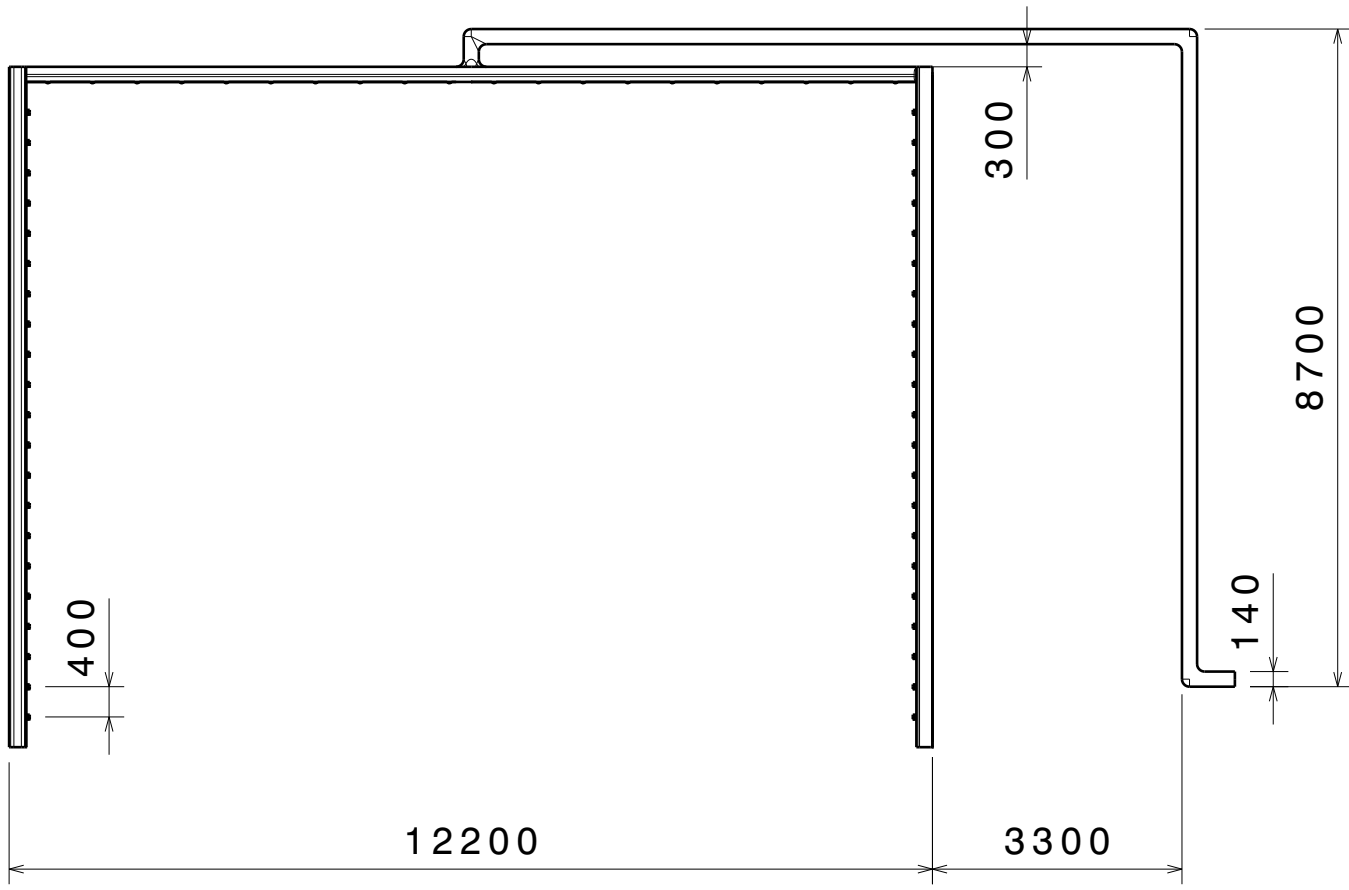
N11







N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31 y N33

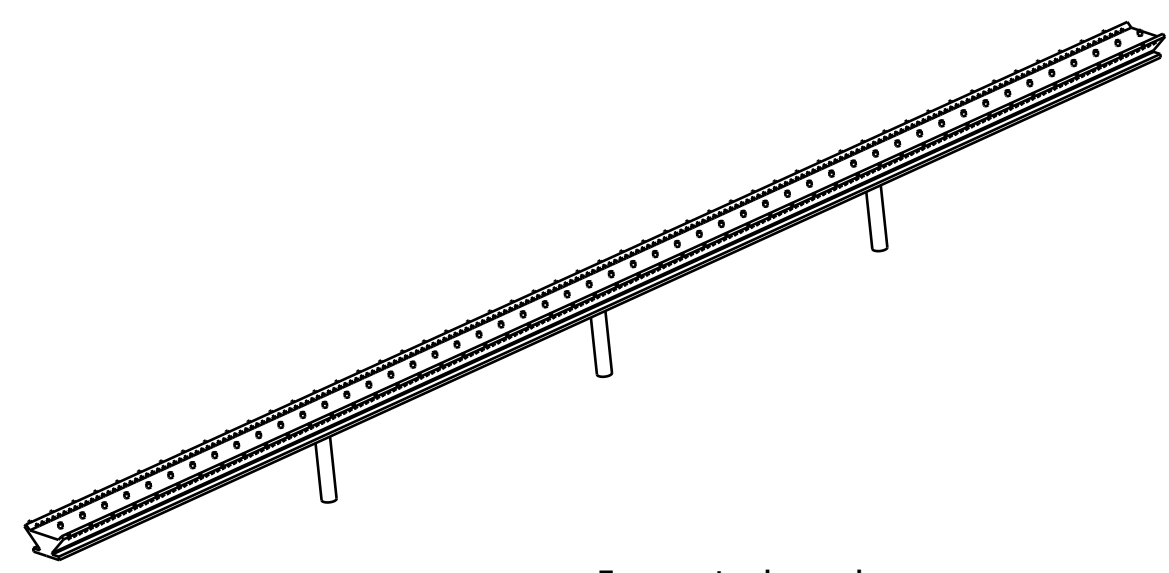
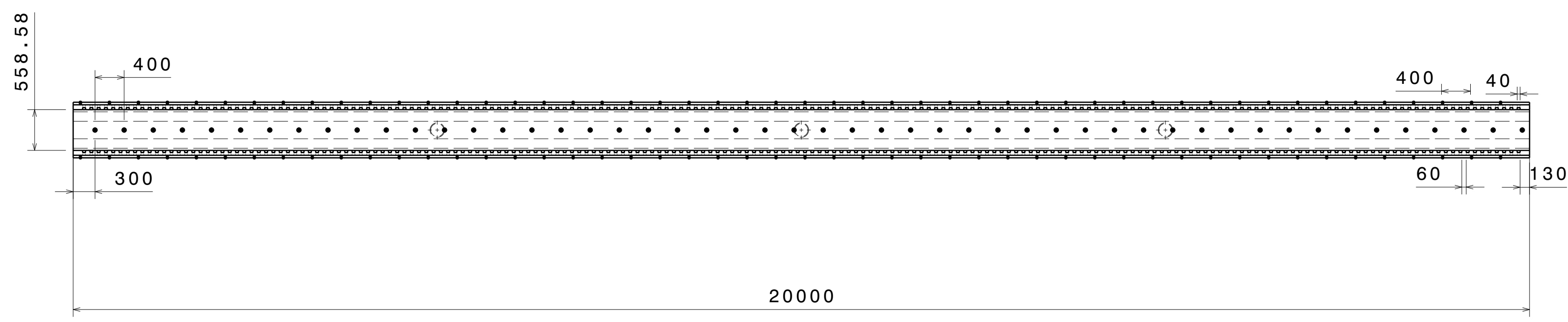
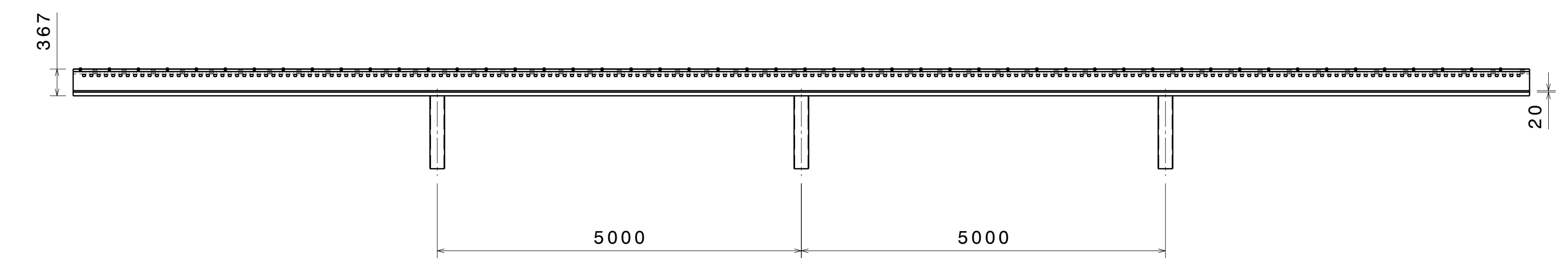


	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS		<p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>
AUTOR	27-05-17	GABRIEL	ESPINOSA SAENZ			
VERIF.	27-05-17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ			
ESCALA 1:50	<p>CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA</p> <hr/> <p>ZAPATAS</p>					<p>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</p> 
PROY.						
						
						PLANO Nº : 9
						VERSIÓN Nº : 1
						PÁGINA Nº : 141



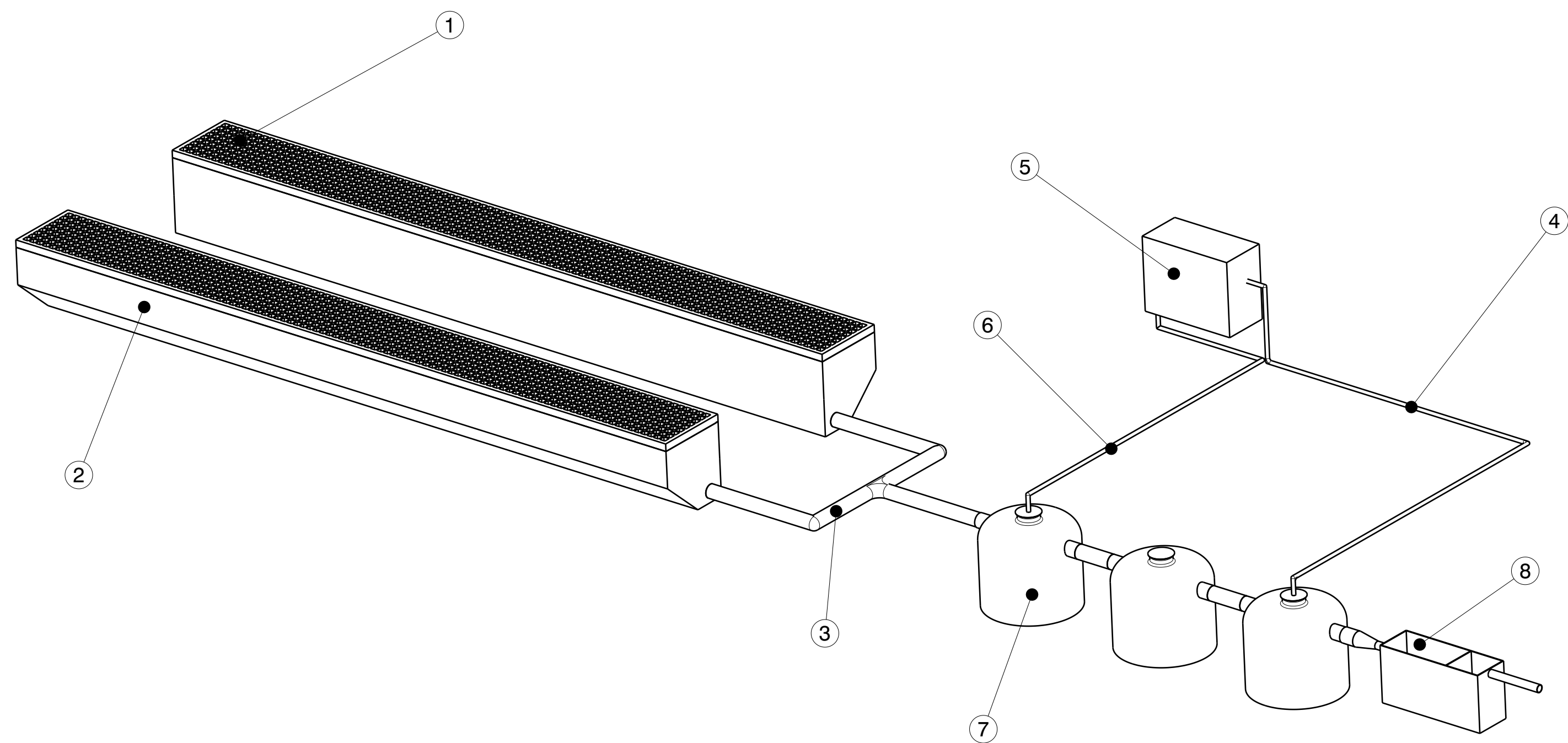
Isometric view  
Scale: 1:200





	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	22/05/17	GABRIEL	ESPINOSA SÁENZ		
VERIF.	22/05/17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ		
ESCALA 1:100	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
PROY. 					
ESTRUCTURA DE LAVADO					
					PLANO Nº : 10
					VERSIÓN Nº : 1
					PÁGINA Nº : 142



Isometric view  
Scale: 1:100

	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	22/05/17	GABRIEL	ESPINOSA SÁENZ		
VERIF.	22/05/17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ		
ESCALA	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
1:50					PLANO Nº : 11
PROY.					VERSIÓN Nº : 1
	SISTEMA DE LIMPIEZA DE BAJOS				PÁGINA Nº : 143



Bill of Material: Sistema de tratamiento de aguas					
Numero	Nombre			Tipo	Cantidad
1	Regillas de filtración			Part	2
2	Tolvas de decantación			Part	2
3	Conductos de trasmisión			Part	1
4	Tubería de ida del agua de filtración			Part	1
5	Equipo de filtración			Part	1
6	Tubería retorno del agua de filtración			Part	1
7	Desarenador			Part	3
8	Separador de hidrocarburos			Part	1
	FECHA	NOMBRE	APELLIDOS	FIRMAS	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
AUTOR	22/05/17	GABRIEL	ESPINOSA SÁENZ		
VERIF.	22/05/17	JULIO	BLANCO FERNÁNDEZ		
ESCALA 1:50	CABINA DE LAVADO DE MAQUINARIA PESADA				UNIVERSIDAD DE LA RIOJA 
PROY.					
	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS				
					VERSIÓN Nº : 1
					PÁGINA Nº : 144



# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

5. Pliego de Condiciones. Volumen 1/1

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA

Junio de 2017.





## 5. Pliego de condiciones.

### Contenido del índice.

5. Pliego de condiciones. ....	148
5.1. Propósito .....	152
5.2. Ejecución de la obra.....	152
5.2.1. Especificaciones de materiales y elementos constitutivos.....	152
5.2.2. Reglamentación y normativa aplicables. ....	154
5.2.3. Aspectos del contrato que se refieran al proyecto.....	156
5.1.1. Criterios para las modificaciones del Proyecto original, especificando su aceptación y cómo deben quedar reflejadas en la documentación final. ....	159
5.1.2. Disposiciones generales .....	162
5.1.3. Ejecución de las obras.....	166
5.1.4. Garantía de suministros y de funcionamiento.....	168
5.1.5. Seguridad en el trabajo.....	169
5.2. Grupos de bombeo.....	169
5.2.1. Bomba suspendida. ....	169
5.2.2. Bombas del agua de lavado. ....	171
5.3. Cañones de agua.....	173
5.4. Deposito de suministro.....	174
5.5. Tuberías de suministro de agua.....	175
5.5.1. Tubería Flexible.....	175
5.5.2. Tuberías de lavado. ....	176
5.6. Sistema de limpieza de bajos.....	180
5.7. Rejillas de captación del agua de lavado. ....	181
5.8. Sistema de tratamiento del agua de lavado. ....	181
5.8.1. Sistema de decantación de lodos y arenas. ....	182



5.8.2. Equipo de filtración. ....	182
5.8.3. Separador de hidrocarburos. ....	183

## Índice de figuras.

Figura 94 Control automático de la bomba de llenado del depósito.....	171
Figura 95 URACAN P5-80 .....	172
Figura 96 URACAN P3-45.....	173
Figura 97 Cañón de agua a presión. GAN - PS. ....	174
Figura 98 Depósito de suministro del agua de lavado.....	175
Figura 99 Tubería flexible se suministro de agua.....	176
Figura 100 Dimensiones de las tuberías de acero galvanizado. ....	177
Figura 101. Propiedades de las tuberías de acero galvanizado.....	178
Figura 102. Unión rápida GEBO.....	178
Figura 103 . Pasos para la realización de uniones roscadas en tuberías de acero galvanizado. ....	180
Figura 104 Acero inoxidable AISI 304, composición química.....	180
Figura 105 Acero inoxidable AISI 304, propiedades mecánicas a T <sup>a</sup> ambiente. .....	181
Figura 106. Rejilla de acero galvanizado. ....	181
Figura 107. Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV). ....	182
Figura 108 Equipo de filtración HACO - Tola 30. ....	183
Figura 109 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15. (Aqua Ambient Iberica). .....	184



### 5.1. Propósito

Constituye un documento en el que se recogen las condiciones técnicas generales y particulares que además de todo lo señalado en la memoria, anexos, planos y presupuesto, han de cumplir los materiales y elementos que conforman el diseño del proyecto además de las condiciones económicas en las que deben realizarse, así como la normativa a aplicar en cada uno de los casos y para cada una de las partes que componen el proyecto de la cabina de lavado de maquinaria pesada.

La norma que se va a seguir para su desarrollo es la norma UNE 157001:2014.

### 5.2. Ejecución de la obra.

#### 5.2.1. Especificaciones de materiales y elementos constitutivos

En este apartado se va a proceder a la elaboración de un listado de los materiales que se van a utilizar en la construcción de la nave, indicando en cada uno de ellos las calidades mínimas exigidas, así como los ensayos que se deberían hacer, en caso de que alguno de los materiales los precise. Para la elaboración del listado, se va a proceder a ordenarlos en función del proceso al que pertenece.

##### 5.2.1.1. Construcción de la estructura

El primer apartado será la construcción de la estructura de la nave, la cual se subdividirá en una serie de subapartados que se redactarán a continuación.

- Pórticos: para la realización de los pórticos, que serán 9 en total, se deberá utilizar en su totalidad perfiles HEB, de acero S-275, debido a su gran comportamiento a flexión y a su gran resistencia.
- Arriostramientos: para la elaboración de los arriostramientos, que se realizarán entre los pórticos 1 y 2, 8 y 9, se usarán tirantes de acero de sección circular (R22 y R25) de acero S-275, en forma de cruz de San Andrés.
- Correas: en la elaboración de las 8 correas que recorrerán la nave se utilizarán perfiles IPE 160 de acero S-355 con una separación entre correas de 1,2 m.

- Cubiertas: la cubierta se realizará mediante el empleo de paneles Sandwich Tapajuntas, formado por dos chapas de acero, y un perfilado en la zona baja, todo ello de acero S-275 y un espesor de 80 mm.

También se podrán colocaran paneles traslucidos en la cubierta, que se ensamblan como si fuera otro panel, por lo que su colocación es igual.

- Cerramientos laterales: paneles prefabricados de hormigón armado de espesor 12 cm con altura 2,5 m y longitud entre pórticos de 5 m (Galzan Prefabricados y Obras), el peso de estos cerramientos laterales no es soportado por los pilares sino que este va directo al suelo. El acabado será hormigón blanco.

Características de los materiales utilizados en la fabricación:

Su fabricación se realiza con hormigón vibrado en mesa (HA-25 B20 IIA), utilizando Cemento BL-I-52,5R, para hormigón blanco y Cemento CEM II/A-L 42.5R, para hormigón gris, y diferentes áridos (de río, de machaqueo, etc...), aditivo Mapei Dynamon . El armado de los paneles se realiza con mallazo electrosoldado de dimensiones 15\*15, con 5 mm. De diámetro y refuerzos perimetrales con celosía 10\*6\*6 de tipo B-500S. Para la maniobra de transporte de los paneles se incorporan dos anclajes mediante pletinas Halfen-Deha TPA-FZ, unidos a placa mediante redondo del 16 Calidad B-500S.

- Uniones: las uniones que se utilicen dependerán de los tipos de uniones. Para las uniones entre vigas que se definen como empotrados será necesario utilizar rigidizadores y empotramientos de alma. Para las uniones definidas como articulaciones no será necesario dicho proceso por lo que solo se realizará una soldadura como unión. Para los apoyos de la nave como empotramientos se utilizaran placas base con pernos unidos a la cimentación.
- Movimiento de tierras y cimentación el orden de elaboración será, según la normativa NTE-ADE:
  - Limpieza y desbroce del terreno
  - Compactación del terreno
  - Zanjado.
  - Excavación de los pozos de cimentación.

- Excavación del sistema de tratamiento de aguas y conductos necesarios.
- Colocación de las zapatas.

Tanto las vigas de atado como las zapatas serán de hormigón armado, compuesto por:

- Hormigón HA-25.
- Acero corrugado B-400S.

Las cimentaciones se realizarán siguiendo la normativa DB-SE, referida a la seguridad estructural en edificación y la DB-SE-C, referida a la seguridad estructural en las cimentaciones.

- Placas de anclaje: la placa de anclaje estará compuesta por una base de mortero, y unos pernos de acero corrugado B-400S que atornillan a la placa. La normativa a seguir será el Código Técnico de la Edificación (CTE).

#### 5.2.2. Reglamentación y normativa aplicables.

Establecimiento de las condiciones técnicas, administrativas y de seguridad por medio de normativas y reglamentaciones, vigentes a la hora de la construcción de los diferentes componentes de la cabina de lavado, con fin de asegurar el cumplimiento de las leyes y prestando especial atención a la ejecución de la obra de la nave.

También se añaden normativas de no obligado cumplimiento, con el fin de mejorar el producto final, su desarrollo adecuado, y la seguridad en su desarrollo.

##### 5.2.2.1. Normativas de seguridad:

- **UNE-EN 14509:2014:** Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo.

##### 5.2.2.2. Normativa de materiales y construcción:

- **Normativa Sándwich:**
- **UNE-EN14509:07/AC:08:** Paneles sándwich aislantes autoportantes de doble cara metálica. Productos hechos en fábrica.



#### 5.2.2.3. *Normativa hormigón:*

- **UNE-EN 14992:2008+A1:2012:** Productos prefabricados de hormigón.
- **R.D. 2661/98:** Instrucción de hormigón estructural EHE.
- **R.D. 996/99:** Corrección de la instrucción de hormigón estructural.
- **R.D. 805/93:** Instrucción para obras de hormigón pretensado. EP-93.

#### 5.2.2.4. *Normativa uniones:*

- **UNE-EN 14399-10:2010:** Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 10: Sistema HRC. Conjuntos de tornillo y tuerca con precarga calibrada.
- **UNE-EN 14399-1:2016:** Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 1: Requisitos generales.
- **UNE-EN ISO 15614-1:2005/1M:2009:** Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldero por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. Modificación 1. (ISO 15614-1:2004/Amd 1:2008).
- **UNE-EN ISO 5817:2014:** Soldero. Uniones soldadas por fusión de acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. (ISO 5817:2003, versión corregida:2005, incluyendo Corrigendum Técnico 1:2006).

#### 5.2.2.5. *Normativa cimentaciones:*

- **UNE-ENV 1992-3:2006:** EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 3: Cimentaciones de hormigón.
- **UNE-ENV 1998-5:2011:** EUROCÓDIGO 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 5: Cimentaciones, estructuras de contención de tierras y aspectos geotécnicos.

#### 5.2.2.6. *Normativa movimiento de tierras:*

- **UNE-EN 474-1:2007+A4:2013:** Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales.

#### **5.2.2.7. Normativa aplicable al tratamiento de aguas.**

- **UNE-EN 12255-13:2003:** Plantas depuradoras de aguas residuales. Parte 13: Tratamiento químico. Tratamiento de las aguas residuales por floculación y precipitación.

#### **5.2.2.8. Normativa aplicable sobre el abastecimiento de agua al sistema de lavado.**

- **UNE-EN 1508:1999:** Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua.
- **UNE-EN 14801:2007:** Condiciones para la clasificación de productos para tuberías de agua y de aguas residuales en función de la presión.
- **UNE-EN 1829-1:2010:** Máquinas por chorro de agua a alta presión. Requisitos de seguridad. Parte 1: Máquinas.
- **UNE-CEN/TS 14632:2013 EX:** Sistemas de canalización de materiales plásticos para saneamiento y suministro de agua, a presión y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturado (UP). Guía para la evaluación de la conformidad.
- **UNE-EN ISO 1452-1:2010:** Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U). Partes 1, 2, 3, 4 y 5.

#### **5.2.3. Aspectos del contrato que se refieran al proyecto.**

Para la realización de las obras vamos a incluir los documentos base para la contratación de su materialización, los cuales quedan definidos en el resto de documentos básicos.

El contrato abarcará todas las funciones establecidas en este Pliego así como las correspondientes a la tarea de seguimiento del Estudio de Seguridad y Salud.

##### **5.2.3.1. Documentos base para la contratación de su materialización.**

###### **Documentos que definen las obras:**

Las obras que abarca este Pliego, los datos para el replanteo de las mismas, materiales de que están construidas, sus formas, dimensiones y demás detalles operativos, se encuentran definidos en los Planos, quedando prescritas

la forma en que habrá de desarrollarse los trabajos, las características exigidas a los materiales que se utilicen y la forma de abonar la obra ejecutada.

*Todas aquellas obras que no estuvieran suficientemente detalladas en el Proyecto se construirán con arreglo a las instrucciones y detalles que den los directores del Proyecto.*

**Limitaciones en los suministros, que especifiquen claramente donde empieza y dónde termina la responsabilidad del suministro y montaje:**

La responsabilidad en caso de limitaciones en los suministros puede ser de la empresa encargada del proyecto siempre y cuando esta no haya realizado una buena gestión con los proveedores. Esta mala gestión tiene en cuenta que la planificación de la empresa encargada de la ejecución del proyecto ha realizado una mala planificación de los recursos.

Cuando la limitación falta de suministro sea responsabilidad de la empresa se ha acordado, por las razones expuestas en el punto de garantía de suministro imponer penalizaciones por el retraso ocasionado.

#### 5.2.3.2. *Criterios de medición y abono*

##### **Medición de la obras**

Para la realización de las medidas necesarias para la realización del proyecto estas se van a basar en primer lugar sobre los planos tanto de instalaciones de tuberías como de la nave y del resto de los equipos que conforman la cabina de lavado de maquinaria pesada.

Cada clase de obra se medirá exclusivamente en el tipo de unidades, lineales, de superficie, de volumen o de peso, que en cada caso se especifique en el Cuadro de Precios.

Cuando haya necesidad de pesar material directamente a su recepción o a medida que se empleen en obra, se deberán establecer los puntos necesarios y correctamente ubicados para realizar la actividad determinada, las básculas o instalaciones necesarias debidamente contrastadas, para efectuar las mediciones por peso requeridas. Su utilización deberá ir precedida de la aprobación de la dirección del Proyecto.

Todas las mediciones básicas para la cubicación y abono de obras, incluidos en los levantamientos topográficos, que se utilicen a este fin, deberán ser conformados por representantes autorizados y aprobados por éste. Las

unidades que hayan de quedar ocultas o enterradas deberán ser medidas antes de su ocultación (equipos de tratamiento del agua de lavado, tolvas, tuberías, etc.).

### **Excavación en zanjas y pozos**

La excavación en zanjas y pozos se abonará por metros cúbicos (m3) deducidos a partir de las secciones en planta y de la profundidad ejecutada.

El precio incluye, las entibaciones, agotamientos, transportes de productos a vertedero, posibles cánones, y el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

El abono se realizará conforme al precio indicado en el Cuadro de Precios.

### **Construcción Nave**

Para la construcción de la nave se especifica el precio del Kg de acero, el precio incluye la estructura metálica y las uniones. Así como la mano de obra necesaria para su construcción.

### **Mano de obra**

Las unidades de mano de obra se establecerán en horas y el precio se estipulara según la normativa y el precio acordado, teniendo en cuenta el tipo de mano obra necesaria en cada actividad.

### **Abono de las obras**

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Cuadro de Precios Número 2 del Proyecto, con el alza o baja que resulte de la adjudicación.

Dichos precios se abonarán por las unidades determinadas y ejecutadas con arreglo a las condiciones que se establecen en este Pliego y comprenden el suministro, transporte, manipulación y empleo de los materiales, la mano de obra y la utilización de la maquinaria y medios auxiliares necesarios para su ejecución, así como cuantas necesidades circunstanciales se presenten para la realización y terminación de las unidades de obra.

### **Medios auxiliares**

Los medios auxiliares de todas clases, necesarios para la ejecución de las obras y puesta en servicio de los equipos, incluso provisionales, si fuera necesario realizarlas, se consideran comprendidos en los precios de las distintas unidades de obra.

#### **5.2.3.3. Abono de obra incompleta o defectuosa, pero aceptable**

Cuando por cualquier causa, fuera menester valorar obras incompletas o defectuosas, pero aceptables a juicio de la Dirección del Proyecto, ésta determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera terminar las obras con arreglo a las condiciones del Pliego sin exceder de dicho plazo o rechazarlo.

Una vez efectuada la recepción provisional, se procederá a la medición general de las obras que ha de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de realizada la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones y obras de conservación que haya sido necesario efectuar durante el plazo de garantía en el caso de que el Contratista no las haya realizado de su cuenta.

#### **5.1.1. Criterios para las modificaciones del Proyecto original, especificando su aceptación y cómo deben quedar reflejadas en la documentación final.**

Como ya se ha reflejado en otros apartados cabe la posibilidad de realizar modificaciones en apartados del proyecto con el fin de adaptarse a las necesidades del cliente con respecto a cada ubicación de la cabina de lavado.

En particular con los sistemas de suministro de agua y las modificaciones en componentes y prestaciones requeridas por el cliente.

No está reflejada en la realización del proyecto una modificación del mismo una vez que este se entregue al cliente, ya que el presupuesto necesario abarca la base del proyecto. Pero si fuera necesario, ampliando el presupuesto inicial, se procedería a la modificación de los puntos en los que el cliente no está conforme por una solución que agrade a este.

Para la modificación del proyecto se volverían a utilizar los recursos disponibles en la realización del proyecto, tanto en aspectos técnicos como de recursos.

En cualquiera de los casos el cliente será informado de todas las posibles variantes que presenta el proyecto con el fin de no modificar el proyecto en curso.

#### **Suspensión de las obras:**

Si la Propiedad acordara la suspensión del contrato, se levantará un acta en la que se consignarán las circunstancias que la han motivado y la situación de hecho en la ejecución de aquél. El acta ha de ir firmada por el proyectista y el Contratista.

La suspensión puede ser temporal, parcial o total de la obra, o suspensión definitiva. La Dirección remitirá un ejemplar del acta de suspensión y su anejo a la Propiedad contratante.

Si la Propiedad, por acordar una suspensión temporal que exceda del período de tiempo que para estos efectos fijan las disposiciones vigentes tuviere que abonar daños y perjuicios al Contratista, su determinación atenderá, entre otros factores, a la perturbación que la suspensión hubiera producido en el ritmo de ejecución previsto en el programa de trabajos, con la consiguiente repercusión en la utilización de maquinaria y de personal, y a la relación que represente el importe de las partes de obra a que alcanza la suspensión con el presupuesto total de la obra contratada.

En la suspensión de la iniciación de las obras por parte de la Propiedad, cuando ésta dejare transcurrir seis meses a contar desde la misma sin dictar acuerdo sobre dicha situación y notificarlo al contratista, éste tendrá derecho a la resolución del contrato.

Si la suspensión fuese motivada por el Contratista, el propietario se reserva el derecho a rescisión del Contrato, abonando al Contratista tan sólo la obra ejecutada, con pérdida de garantía como indemnización de perjuicios irrogados a la Propiedad, quedando siempre obligado el Contratista a responder de los perjuicios superiores.

#### **5.2.3.4. Pruebas y ensayos**

Para garantizar el óptimo estado de materiales y maquinaria adquirida para la ejecución de proyecto se realiza una prueba o ensayo del funcionamiento de bombas y circuito hidráulico.

La inspección de los materiales de la nave será visual durante su colocación o uso, de manera que si no se cumplen las premisas exigidas con el proveedor estos serán reemplazados.

De manera que se puedan evitar defectos en la adquisición de recursos los proveedores dispondrán de los requisitos exigidos, tanto por el cliente como por la persona encargada del proyecto.

#### **5.2.3.5. Condiciones de carácter general**

La recepción provisional de las obras estará sujeta a la práctica de las pruebas mínimas para cada una de las unidades componentes y del conjunto, que se especifican tanto en el presente Pliego como en las Normas, Reglamentos e Instrucciones aludidas en la Memoria, sin perjuicio de las pruebas parciales a que hayan sido sometidos los materiales para su admisión en obra.

La práctica de las pruebas mínimas realizadas para la recepción provisional y cuyos resultados sean aceptables, no impedirá la repetición de todas o alguna de ellas para la recepción definitiva, a fin de comprobar la permanencia de las condiciones contratadas a lo largo del plazo de garantía, durante el cual, las obras, ya en servicio, deberán conservar las cualidades exigidas, teniendo en cuenta, asimismo, las atenciones que la obra requiere para la conservación de la misma durante dicho plazo.

#### **5.2.3.6. Condiciones de pago**

El abono de las cantidades a pagar por maquinaria, equipos e instalaciones se rige de forma diferente al que se pacta para la construcción, en especial cuando se contrata con otros suministradores directamente. Una posible forma de pago puede ser:

1. un 10% a la firma del contrato.
2. uno o varios abonos para la entrega de los materiales o equipos en obra y para las distintas fases de montaje.
3. un 10-20% a la puesta en marcha.
4. un 10% a los 6 meses de la puesta en marcha (periodo de garantía)

## 5.1.2. Disposiciones generales

### 5.2.3.7. *Dirección de las obras*

En la **dirección de las obras**, es el Facultativo de la Propiedad Director de la obra la persona, con titulación adecuada y suficiente, que es responsable de la comprobación y vigilancia de la obra contratada.

Podrá contar con gente que trabaje a sus órdenes, los cuales se encargarán de los trabajos específicos en los que están titulados.

El conjunto de ellos integrarán la Dirección de la obra.

### 5.2.3.8. *Funciones del director*

El **Director** designado se le comunicará al contratista antes de la fecha de la comprobación del replanteo. El Director actuará de la misma forma con el personal a su cargo. En el caso de variaciones en estos aspectos durante la ejecución de la obra se comunicarán al contratista por escrito.

Las responsabilidades del Director serán la dirección, control y vigilancia de obras. A su vez también mantendrá las relaciones que se establecen con el Contratista.

### 5.2.3.9. *Contratista y personal a su cargo*

En cuanto al contratista, este es la parte del contrato que se encarga de la ejecución de la obra. Éste asignará un Delegado de la obra del contratista con capacidad suficiente para ostentar la representación del Contratista cuando sea necesario, organizar la ejecución de la obra, interpretar y poner en práctica las órdenes recibidas de la Dirección y proponer a ésta colaborar con ella en la resolución de los problemas que se planteen durante la ejecución.

La Propiedad podrá exigir que el Delegado posea la titulación profesional adecuada y que el contratista designe el personal facultativo necesario bajo la dependencia de aquél.

La Propiedad podrá recabar del contratista la designación de un nuevo Delegado y, en su caso, de cualquier facultativo que de él dependa cuando así lo justifique la marcha de los trabajos. Cuando en los Pliegos Particulares del Contrato se exija una titulación al Delegado del Contratista o la aportación de personal facultativo bajo la dependencia de aquél, el Director vigilará el estricto cumplimiento de tal exigencia en sus propios términos.



La Dirección de las obras podrá suspender los trabajos y podrá exigir al Contratista la designación de nuevo personal facultativo cuando así lo requieran las necesidades de los trabajos.

#### **5.2.3.10. Órdenes al contratista**

El Director comunicará al contratista las órdenes emanadas de la Superioridad jerárquica.

El Libro de Órdenes será diligenciado previamente por el servicio a que esté adscrita la obra, se abrirá en la fecha de comprobación del replanteo y se cerrará en la de la recepción definitiva. Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la Dirección, que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones que reciba por escrito la Dirección, y a firmar, a los efectos procedentes, el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la necesidad de una posterior autorización de tales transcripciones por la Dirección, con su firma, en el libro indicado. Se hará constar también la relación de personas que tienen facultades para acceder a dicho libro y transcribir en él las que se consideren necesario comunicar al Contratista.

Efectuada la recepción definitiva, el Libro de Órdenes pasará a poder de la Propiedad, si bien podrá ser consultado en todo momento por el contratista.

#### **5.2.3.11. Responsabilidades especiales del contratista**

Será de cuenta del contratista indemnizar todos los daños que se causen a terceros como consecuencia de las operaciones que requiera la ejecución de las obras.

Cuando tales perjuicios hayan sido ocasionados como consecuencia inmediata y directa de una orden de la Propiedad, será ésta responsable dentro de los límites señalados en la Ley de Régimen Jurídico de la Propiedad del Estado. También será ésta responsable de los daños que se causen a terceros como consecuencia de vicios de proyecto.

Las reclamaciones de los terceros se presentarán, en todo caso, en el término de un año, ante el órgano de contratación que decidirá en el acuerdo que dicte, oído el contratista, sobre la procedencia de aquéllas, su cuantía y la parte responsable. Contra su acuerdo podrá interponerse recurso ante la jurisdicción contencioso-administrativa.

El Estado se reserva la propiedad de los objetos de arte, antigüedades, monedas y, en general, objetos de todas clases que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en terrenos del Estado o expropiados para la ejecución de la obra, sin perjuicio de los derechos que legalmente correspondan a terceros.

El contratista tiene la obligación de emplear todas las precauciones que para la extracción de tales objetos le sean indicados por la Dirección y tiene derecho a que se le abone el exceso de gasto que tales trabajos le causen.

Si durante la excavación se encontraran restos arqueológicos, se suspenderán los trabajos y se dará cuenta con la máxima urgencia a la Dirección.

El Contratista estará obligado a cumplir las órdenes de la Dirección cuyo objeto sea evitar la contaminación de aire, cursos de agua y en general, cualquier bien público o privado.

El contratista está obligado a mantener provisionalmente durante la ejecución de la obra y a reponer a su finalización todas aquellas servidumbres que se relacionen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto base del contrato.

Son de cuenta del contratista los trabajos necesarios para el mantenimiento y reposición de tales servidumbres.

#### **5.2.3.12. Subcontratista**

El Adjudicatario o Contratista general podrá dar a destajo en sub-contrato cualquier parte de las obras, pero con la previa autorización de la Propiedad.

La obra que el Contratista puede dar a destajo, no podrá exceder del 25% del valor total de cada contrato, salvo autorización expresa de la Dirección de Obra.

La Dirección de Obra está facultada para decidir la exclusión de un destajista por estimarlo incompetente o no reunir las necesarias condiciones. Comunicada esta decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas oportunas e inmediatas para la rescisión de este trabajo. El Contratista será siempre responsable ante la Propiedad de todas las actividades de los destajistas y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

#### **5.2.3.13. Libro de incidencias**

El Contratista está obligado a dar a la Dirección datos sobre el control y seguimiento del Plan de Seguridad. Las anotaciones necesarias se realizarán en el Libro de Incidencias. Este libro deberá mantenerse siempre en obra y será facilitado por el colegio profesional del coordinador de seguridad en fase de ejecución o por la oficina de supervisión de proyectos en obras de Administraciones Públicas.

Tendrán acceso al libro la dirección facultativa, contratistas, subcontratistas y autónomos, personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes, representantes de los trabajadores y técnicos de los órganos especializados en Seguridad y Salud de las Administraciones Públicas competentes.

#### **5.2.3.14. Documentos entregados al contratista**

Los documentos, tanto del Proyecto como otros complementarios, que la Propiedad entregue al Contratista, pueden tener un valor contractual o meramente informativo.

Será documento contractual el programa de trabajo, cuando sea obligatorio, según lo dispuesto en el RGC o, en su defecto, en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares. En el caso de que sea necesario calificar de contractual cualquier otro documento del Proyecto, se hará constar así en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, estableciendo a continuación las normas por las que se regirán los incidentes de contradicción con otros documentos contractuales.

El contratista debe tomar estos datos como complementos de la información que él adquiera por sus propios medios y por tanto, será el responsable de los errores que se puedan derivar.

#### **5.2.3.15. Modificaciones en el proyecto**

La Propiedad podrá introducir en el proyecto antes de empezar las obras o durante su ejecución las modificaciones que sean necesarias para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que lo sean sin separarse de su espíritu o recta interpretación, también podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aun supresión.

### 5.1.3. Ejecución de las obras.

#### 5.2.3.16. *Comprobación del replanteo, programa de trabajos y orden de inicio de obras*

El Contratista transcribirá, y el Director autorizará con su firma, el texto del Acta en el libro de Órdenes. La comprobación del replanteo deberá incluir, como mínimo, el eje principal de los diversos tramos de obra y obras de fábrica, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para replanteos de detalle. Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anejo al Acta de Comprobación del Replanteo; al cual se unirá el expediente de obra, entregándose una copia al Contratista. Se harán constar las contradicciones u errores que se observen en los documentos contractuales del proyecto.

Se fijará el método a emplear en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, así como el grado de desarrollo especificando los grupos de unidades de obra, los tramos en que se dividen las obras y la relación de obras que exigen un programa específico. El programa de trabajos deberá tener en cuenta los períodos que la Dirección de obra precisa para proceder a los replanteos de detalle y ensayos de aceptación.

El Director de obra decide el inicio de las mismas. El Contratista estará obligado a iniciar las obras cuando el Director lo diga, aun cuando haya formulado observaciones al respecto. El Contratista tendrá derecho a exigir, en su caso, la responsabilidad que a la Propiedad incumbe.

#### 5.2.3.17. *Desarrollo y control de las obras*

El director aprobará los replanteos de detalle necesarios para la ejecución de las obras y suministrará toda la información de que disponga al Contratista, que deberá proveer, a su costa, todos los medios necesarios para realizar los replanteos.

Del resultado de estas operaciones se levantarán actas, por duplicado, que firmarán la dirección de Obra y el Contratista. A éste se le entregará un ejemplar firmado de cada una de dichas Actas.

El Contratista podrá exponer todas las dudas referentes al replanteo, pero una vez firmada el acta correspondiente quedará responsable de la exacta ejecución de las obras.

El Contratista será responsable de los errores de los replanteos con relación a los planos acotados que el Ingeniero Director facilite.

El contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sea preciso para la buena ejecución de aquéllas en los plazos parciales y total convenidos en el contrato.

En el caso de que para la adjudicación del contrato hubiese sido condición necesaria la aportación por el contratista de un equipo de maquinaria y medios auxiliares concreto y detallado, el Director exigirá aquella aportación en los mismos términos y detalle que se fijaron en tal ocasión.

El equipo aportado por el contratista quedará de libre disposición del mismo a la conclusión de la obra, salvo estipulación contraria.

El contratista no podrá efectuar reclamación alguna fundada en la insuficiencia de la dotación o del equipo que la Propiedad hubiera podido prever para la ejecución de la obra, aun cuando éste estuviese detallado en alguno de los documentos del proyecto.

Serán preceptivos los ensayos que se hagan constar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En caso de que sea necesario hacer ensayos por la presunta existencia de vicios o defectos de construcción ocultos, los gastos se imputarán al Contratista.

Cuando en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares no se exija una determinada procedencia para los materiales naturales, el Contratista notificará al Director la procedencia de los que se propone utilizar.

Cuando se obtienen materiales en superior cantidad que la requerida para el Contrato, la Propiedad podrá apropiarse de los excesos.

Se comprobará que los materiales utilizados son los aceptados en el control previo y si corresponden con las muestras que obran en poder de la Dirección.

Las comprobaciones que no se realicen en presencia y bajo control de la Dirección deberán encomendarse a un laboratorio oficial u homologado.

El emplazamiento de los acopios en los terrenos de las obras o en los marginales que pudieran afectarlas, así como de los eventuales almacenes, requerirán la aprobación previa del Director. Las superficies utilizadas deberán acondicionarse, una vez utilizado el acopio, restituyéndolas a su natural estado. Todos los gastos serán de cuenta del Contratista.

Los trabajos nocturnos deberán ser previamente autorizados por el Director y realizados solamente en las unidades de obra que él indique. El Contratista

deberá instalar los equipos de iluminación que el Director ordene y mantenerlos en perfecto estado.

En los trabajos no autorizados y defectuosos, la Dirección puede exigir al Contratista la propuesta de modificaciones en el Programa de Trabajos y medios productivos que garanticen el cumplimiento de plazos y recuperación del retraso padecido.

Los desvíos se construirán de acuerdo a las instrucciones de la Dirección, como si hubieren figurado en los documentos del contrato, pero el Contratista tendrá derecho a que se le abonen los gastos ocasionados. En el precio de los desvíos se incluyen los gastos de conservación de los mismos y de los tramos de obra provisionales previstos, salvo que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se disponga sobre la materia.

Finalmente el Contratista será el responsable del estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la señalización de obras e instalaciones.

#### **5.2.3.18. Inspección de las obras**

El Constructor proporcionará a la Dirección Técnica o a sus delegados toda clase de facilidades para los reconocimientos, replanteos, mediciones y ensayos de los materiales, así como para la inspección de la obra en todos sus trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego, permitiendo el acceso a todas partes de la obra, así como a los talleres o fábricas donde se producen los materiales o se realicen trabajos para las obras.

Serán de cuenta del Constructor, los gastos de Inspección y Vigilancia de las obras así como todos los ensayos en laboratorio oficial para su recepción y empleo en obra, de los materiales.

#### **5.1.4. Garantía de suministros y de funcionamiento**

La garantía de suministros exigida a los proveedores de los materiales necesarios en la fase de ejecución del proyecto debe ser uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta. De manera que para la adquisición de los materiales y maquinaria necesaria será indispensable que el proveedor se encargue de satisfacer las necesidades de tiempo para que el proyecto no se prolongue innecesariamente en el tiempo.

Cuando el periodo de obras se dé por finalizado se exigirá a la Propiedad un acto formal de recepción o conformidad en el mes siguiente a la entrega o a la realización de los objetivos del contrato.

Como resultado del acto formal de recepción o conformidad se procederá a realizar el acta, con un número de copias iguales a los que comparecen en el mismo. Cada uno de estos comparecientes deberán firmarlos y quedarse con un ejemplar.

Se procederá a realizar exámenes de obra en los que se evaluarán las condiciones en las que ésta se encuentra. Mientras estas condiciones no sean las adecuadas se hará constancia de ello en el acta, con sus correspondientes indicaciones al contratista para su corrección. Además se pondrá un nuevo y último plazo para su cumplimiento. Si en este nuevo examen se cumplen los requisitos demandados se procederá a su recepción definitiva.

#### **5.1.5. Seguridad en el trabajo**

Se exige el cumplimiento de la Ordenación de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y de todas aquellas órdenes que regulan la ejecución de las obras, incluyendo el uso de prendas adecuadas, botiquín, etc.

### **5.2. Grupos de bombeo.**

#### **5.2.1. Bomba suspendida.**

Las características que debe cumplir la bomba de suministro de agua que se instalará en la balsa, se presentan a continuación. Si por algún casual se tuviese que decantar por la elección de otro modelo a la hora de materializar el proyecto, en ningún caso se empleara una bomba con prestaciones inferiores que pueda ocasionar cortes de suministro de agua a la cabina de lavado. Debe garantizarse que el depósito de suministro situado junto a los equipos de bombeo de agua de lavado se encuentre siempre lleno o manteniendo un nivel mínimo que permita efectuar un programa de lavado de 2 min.

De este modo, se selecciona una bomba vertical sobre flotadores del fabricante 'Neptuno Pumps' en particular el modelo NEREUS™ que incorpora una unidad de filtración impidiendo la entrada de sólidos y mejorando el estado del agua que se envía al depósito.

#### **NEREUS™ (Modelo Pequeño)**

- Caudal hasta 100 (m<sup>3</sup>/h) 1.666 (L/min) (440 gpm)
- Altura hasta 70 (m) (230 Feet)
- Potencia hasta 60 (kW) (80 hp)

### DISEÑO

- No requieren ser Cebados
- Rodetes Balanceados Axialmente Disponibles
- Sello Mecánico o Caja de Prensa
- Caja de Rodamientos Independiente para Empuje Axial Disponible.

### MATERIALES

- Bronce, hierro fundido, aceros al carbono.
- Acero inoxidable - 316, 317 SS
- Acero duplex- 2205
- Acero Austenítico - 2507
- Súper Austenítico - 254 SMO, 654 SMO
- Súper aleaciones a base de níquel – Hastelloy

### CONTROL

- Armario de control CFW-11





Figura 94 Control automático de la bomba de llenado del depósito.

### 5.2.2. Bombas del agua de lavado.

Para ejercer al agua de lavado la suficiente presión y garantizar el caudal necesario a través tanto de la estructura de lavado superior como del sistema de limpieza de bajos, a continuación se van a detallar los equipos de bombeo que van a ser necesarios, detallando las prestaciones que deben de cumplir cada uno de ellos.

#### - Bomba para la estructura superior de la cabina de lavado:

*Modelo: URACAN P5-80:*

DATOS:	Unidades	Min.	Max.
Rendimiento	kW	0	1140
Velocidad de la bomba	min <sup>-1</sup>	25	400
Barra de presión	Bar	100	1600
Caudal	l / min	92	1575
Peso	kg		4950

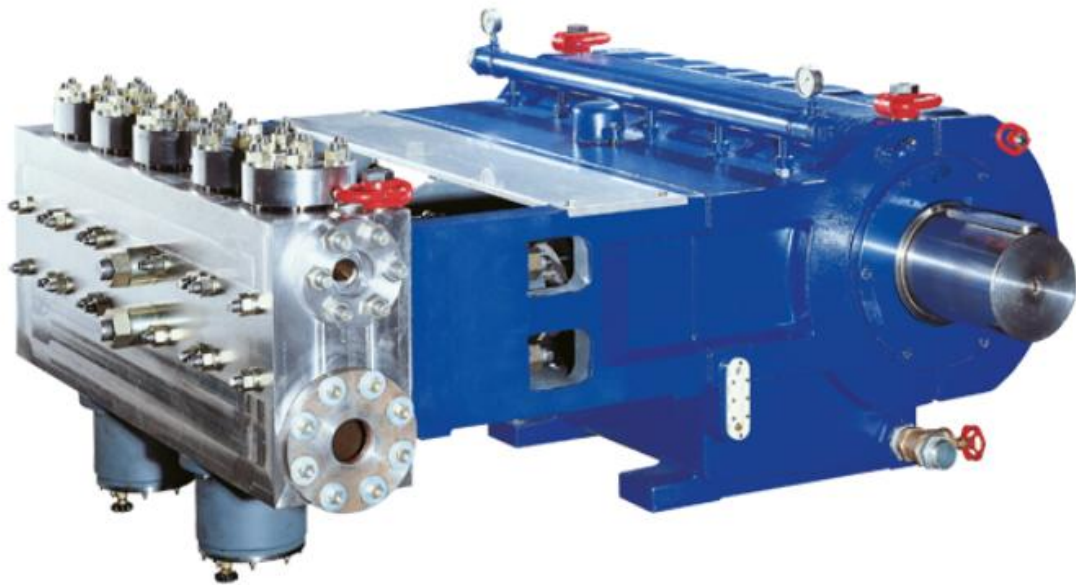


Figura 95 URACAN P5-80

- **Bomba para el sistema de limpieza de bajos y cañones:**

*Modelo: URACAN P3-45:* este modelo esta especialmente pensado para en aplicaciones industriales y hacer servicio a tareas como limpieza de alcantarillados, limpieza industrial de alta presión y diferentes aplicaciones personalizadas.

DATOS:	Unidades	Min.	Max.
Rendimiento	kW	72	134
Velocidad de la bomba	min <sup>-1</sup>	319	575
Barra de presión	Bar	150	250
Caudal	l / min	162	473
Peso	kg		345



Figura 96 URACAN P3-45.

### 5.3. Cañones de agua.

Para conseguir el mejor acabado se instalan dos cañones fijos de agua a presión. Para el modelo seleccionado cabe la posibilidad de cambiar las boquillas de salida para jugar con la presión y la superficie de lavado.

Características:

- Marca: GAN
- Modelo: PS
- Diámetro de la tubería de admisión: 170 mm.
- Consumo: 300 litros/min.
- Rango de presión de trabajo: 60-150 Bar.
- Rotación horizontal: 360°
- Rotación vertical: -30° ~ +70°



Figura 97 Cañón de agua a presión. GAN - PS.

#### 5.4. Depósito de suministro.

El depósito de suministro para los equipos que bombean el agua a la estructura de lavado y al sistema de limpieza de bajos pertenece a la empresa 'Plarex, S.L. (Plásticos Reforzados Extremeño)'.

Características del depósito:

- Diámetro: 2,00 m.
- Altura: 3,20 m
- Capacidad: 10.000 Litros
- Material: resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.
- Resistencia térmica: -10° C a 60° C
- No precisa mantenimiento



Figura 98 Depósito de suministro del agua de lavado.

## 5.5. Tuberías de suministro de agua.

### 5.5.1. Tubería Flexible.

Para transportar el agua desde la bomba en suspensión situada en la balsa hasta el depósito de suministro, se incorporara una tubería compuesta de chaqueta de poliéster de alta resistencia tejida circularmente sin costuras y extrusionada interior y exteriormente mediante poliuretano elastomérico. Rápido despliegue y recogida, alta resistencia a las dobleces, alta flexibilidad y resistencia con lo que se adapta a las irregularidades del terreno. En particular se opta por una tubería dotada con conexión rápida a ambos puntos con un diámetro de 150mm.



Figura 99 Tubería flexible se suministro de agua.

#### 5.5.2. Tuberías de lavado.

Tuberías para el suministro de agua de alta presión de acero al carbono galvanizado. Este tipo de tubería está fabricado en acero soldado longitudinalmente y protegido interior y exteriormente con un recubrimiento galvanizado, conforme a la Norma UNE EN 10240. Su recubrimiento tiene la misión de proteger la tubería contra oxidaciones y corrosiones, asegurando así las propiedades organolépticas del agua que recorre el circuito.

Asimismo, los accesorios para las uniones roscadas, se fabrican en fundición maleable y extremos roscados, protegidos igualmente con un recubrimiento galvanizado, de conformidad con la Norma UNE EN 1024.

DIMENSIONES:

Dimensión y designación	Diámetro nominal – Ø dn	Diámetro exterior. Ø ext.
3/8 "	10	17,2
1/2 "	15	21,3
3/4 "	20	26,9
1 "	25	33,7
1 1/4 "	32	42,4
1 1/2 "	40	48,3
2 "	50	60,3
2 1/2 "	65	76,1
3 "	80	88,9
4 "	100	114,3
5 "	125	139,7
6 "	150	165,1

Figura 100 Dimensiones de las tuberías de acero galvanizado.

Así pues para la construcción de la estructura de lavado se empleara los diámetros comerciales según las necesidades de cada tramo de tubería expuesto en los Anexos.

#### PROPIEDADES:

De todos los materiales empleados en conducciones de fluidos, es el que tiene un punto de fusión más alto (1.540 °C) y muy superior al resto, característica que lo hace insustituible en instalaciones contra incendios y en todas aquellas donde exista un riesgo potencial de incendio o explosión (aparcamientos, sótanos donde puedan almacenarse materiales combustibles, etc.).



Características	Tipo de material: acero galvanizado
Resistencia a la tracción (Kgf/cm <sup>2</sup> )	5.000
Alargamiento (%)	22
Dureza HB	140
Presión máxima admisible (bar)	258
Coefficiente de dilatación x 10 <sup>-6</sup> (°C <sup>-1</sup> )	11,6
Punto de fusión (°C)	1.540
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95°C
Presión máxima de trabajo en continuo	20 bar

Figura 101. Propiedades de las tuberías de acero galvanizado.

#### UNIONES ENTRE TRAMOS:

Las uniones con tuberías de acero galvanizado normalmente deberán de realizarse mediante el roscado entre tuberías cono accesorios correspondientes. Aunque también es cada vez más frecuente emplear las uniones rápidas, consistentes en el acople de la tubería a un accesorio de apriete por compresión, tal y como se puede ver en la siguiente figura.



Figura 102. Unión rápida GEBO.

Si por limitaciones de montaje fuese necesario y bajo autorización facultativa, dirección de la obra u organismo competente, se otorgara la



posibilidad de realizar las uniones soldadas, adoptándose en esta situación las medidas adicionales para volver a proteger la tuberías de eventuales ataques, oxidaciones o corrosiones que pudiera sufrir la estructura externa o interna de la tubería para ellos se empleará pintura galvanizada. De este modo para la ejecución de codos o soportes de boquillas no se prohíbe el empleo de cortes y soldadoras pero con su correcto tratamiento del material para garantizar sus prestaciones en el tiempo.

En el caso de emplear las uniones roscadas en aquellos sitios que lo permita a continuación se expone el proceso de trabajo más adecuado para su realización.



1. Corte a medida



2. Eliminación de rebabas



3.\* Proceso de roscado  
(manual)



3.\* Proceso de roscado  
(automático)



4. Eliminación de virutas



5. Limpieza de residuos,  
aceites y lubricant



6. Comprobación de la  
rosca



7.\* Realización de la estopada  
(con filástica de Cáñamo)



7.\* Realización de la estopada  
(con cinta de Teflón)



8. Aplicación de material de estanqueidad



9. Guiado del accesorio.



10. Apriete mecánico del accesorio.

Figura 103 . Pasos para la realización de uniones roscadas en tuberías de acero galvanizado.

### 5.6. Sistema de limpieza de bajos.

Se basa en un sistema similar al de la estructura superior formado por tuberías y boquillas, al que se le añade un recubrimiento o carcasa en Acero Inoxidable. Las dimensiones y geometría de este vienen especificadas en los planos del proyecto.

En cuanto al material se empleara lamina de acero inoxidable de 3 mm. A partir de este material se conformara la geometría de la carcasa.

Características comunes a los aceros inoxidables:

Módulo de elasticidad	E 2E11 Pa
Módulo de elasticidad transversal	G 8E10 Pa
Coeficiente de Poisson $\nu$	0,3
Coeficiente de dilatación térmica $\alpha$	1,73E-5 °C <sup>-1</sup>
Densidad $\rho$	7.900 kg/m <sup>3</sup>

Acero inoxidable AISI 304.

DESIGNACIÓN SEGÚN	
AISI	UNE EN 10088-2
304	1.4301
C % max	0,05
Si % max	0,4
Mn % max	1,1
Cr % max	18,2
Ni % max	8,05

Figura 104 Acero inoxidable AISI 304, composición química.

DESIGNACIÓN SEGÚN
-------------------

AISI	UNE EN 10088-2
304	1.4301
$f_y$ [Mpa]	300
$f_{ult}$ [Mpa]	650
%Alargamiento	54

Figura 105 Acero inoxidable AISI 304, propiedades mecánicas a Tª ambiente.

### 5.7. Rejillas de captación del agua de lavado.

Las rejillas de lavado que se han considerado necesarias para la cabina de lavado serán suministradas por la empresa BOAN. Las dimensiones de cada una de las partes que componen la rejilla de filtración son:

Espesor: 100 mm

Longitud: 2000 mm

Anchura: 1500 mm

Material: acero galvanizado

Dimensiones de los orificios: 50x50 mm.

Para mejorar el agarre de los vehículos y evitar accidentes a los operarios, las rejillas serán dentadas en su parte superficial.



Figura 106. Rejilla de acero galvanizado.

### 5.8. Sistema de tratamiento del agua de lavado.

Pese a lo comentado ya en la memoria a continuación se definen exactamente los diferentes componentes que conforman el sistema de

tratamiento del agua de lavado. Aquí se fijan las dimensiones y modelos exactos que deben conformar el circuito de limpieza del agua para poder garantizar la limpieza del agua.

#### 5.8.1. Sistema de decantación de lodos y arenas.

Está formado por tres decantadores en serie, modelo AquaRES/INT V de 10.000 L cada uno, están dotados de tapa en espiral ya sea para la inspección central y la retirada de grasas y materiales flotantes, como para el vaciado de arenas y partículas inertes. Dispone de manguitos de entrada en PVC o PP, juntas de neopreno y tapa superior de inspección (Aqua Ambient Ibérica).

- Tanque polietileno.
- Fondos inclinados.
- Clase de resistencia según NF P16-451-1/CN : 1d.
- Conexión entrada y salida por tubo PVC.
- Tapa roscada en PE Ø 640 mm.

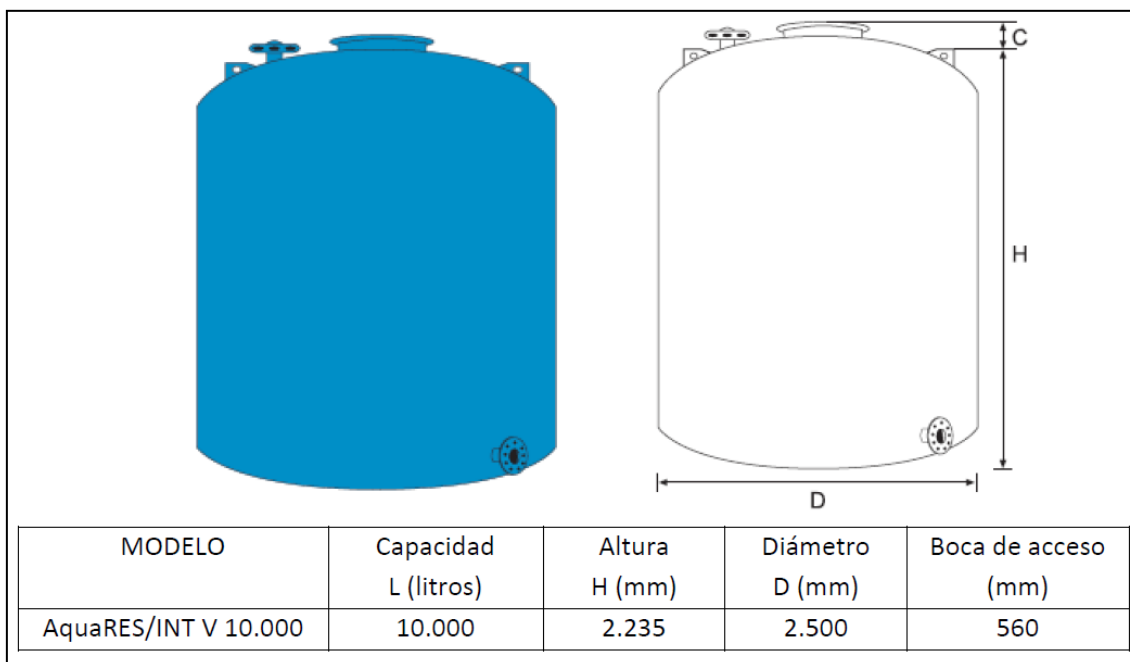


Figura 107. Decantador modelo de 10000 litros. Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV).

Se precisan tres decantadores en serie de las dimensiones anteriormente citadas.

#### 5.8.2. Equipo de filtración.

Para la recirculación del agua se empleará un equipo de filtración en particular suministrado por el fabricante HACO, modelo "Tola 30". Para

bombear el agua hasta dicho equipo de filtración se empleara una bomba de 30 m<sup>3</sup>/hora o lo que es lo mismo 500 litros/minuto.

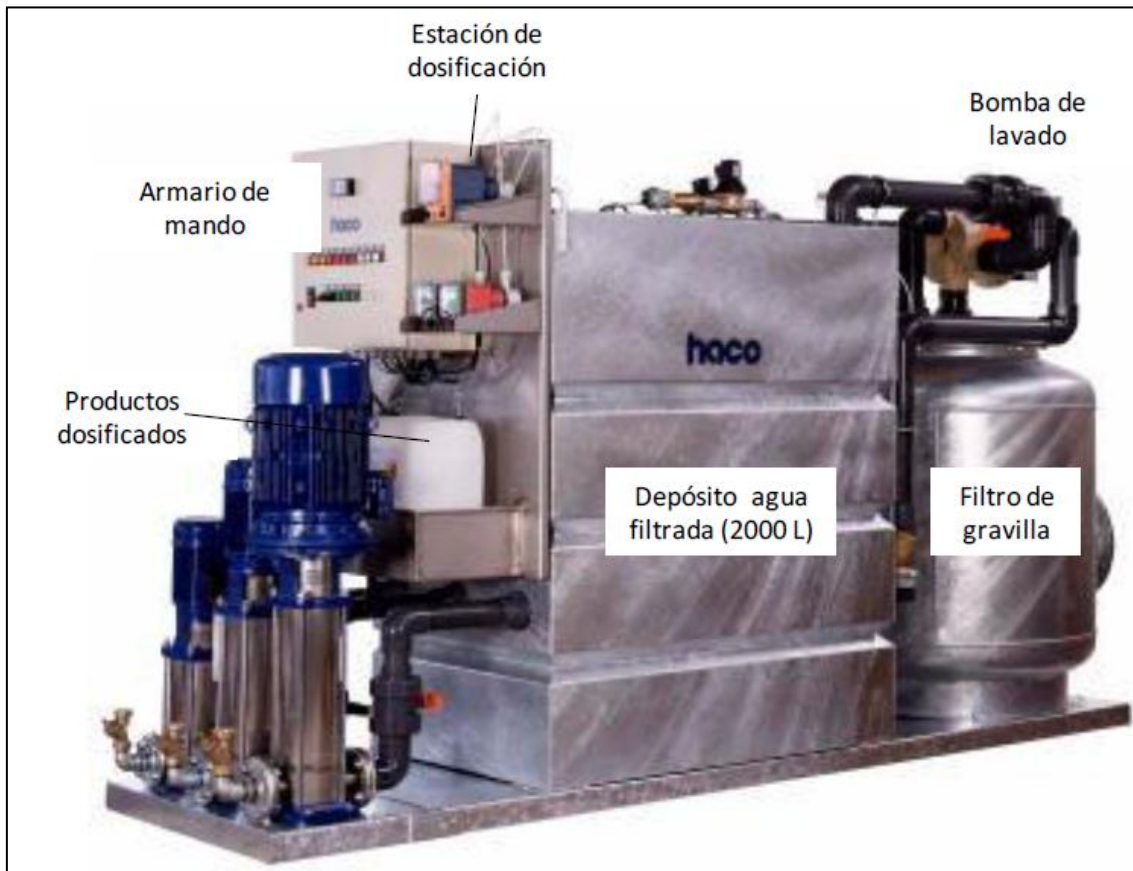


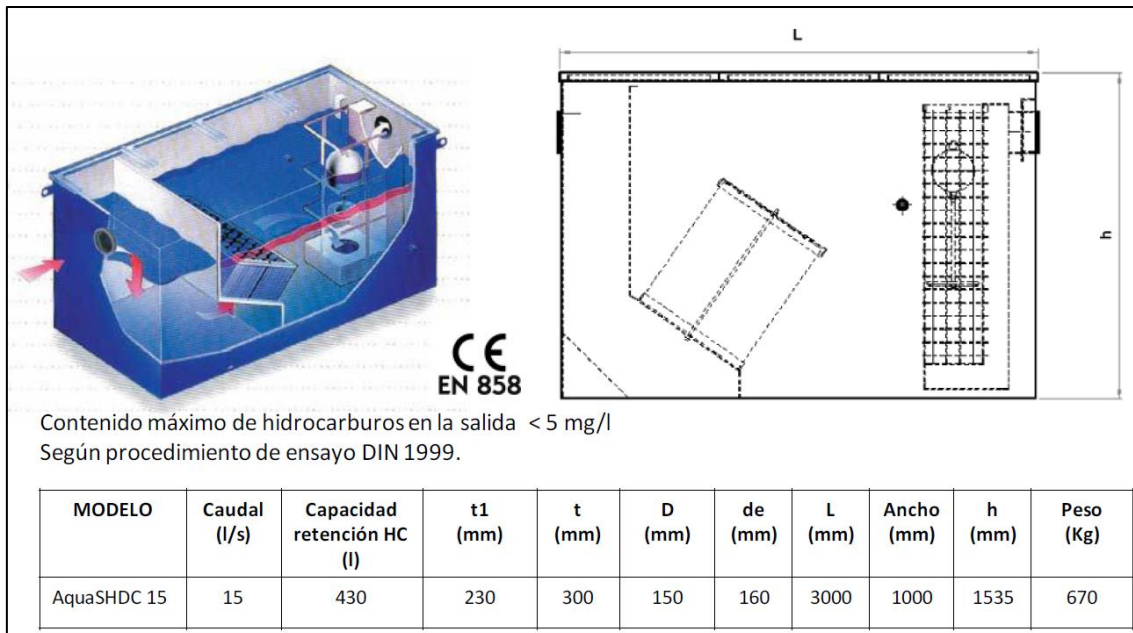
Figura 108 Equipo de filtración HACO - Tola 30.

- Corrección del pH y regulación de la conductividad.
- Limpieza automática de filtros.
- Circulación automática del agua de proceso.
- Dosis de desinfección y floculación

### 5.8.3. Separador de hidrocarburos.

Para completar el sistema de tratamiento de agua se selecciona un separador de hidrocarburos de la empresa Aqua Ambient Iberica en particular el modelo AquaSHDC 15.





**Figura 109 Separador de hidrocarburos AquaSHDC 15. (Aqua Ambient Iberica).**

- Separador de hidrocarburos Clase I con efecto coalescente lamelar caracterizado por una gran capacidad de retención, asociada a una superficie activa muy elevada. Fabricado en acero S235 protegido tras arenado SA 2,5 según ISO 8501-1 por un revestimiento epoxi-poliéster.
- Desbaste amovible.
- Bloques de células lamelares en polipropileno.
- By-pass integrado y dimensionado por un caudal de punta de 5 x TN (l/s)
- Obturador automático en acero inoxidable.
- Dispone de acceso total para poder realizar inspecciones y tareas de mantenimiento con toda facilidad.
- Tapas B-125 incluidas.
- Conforme con la norma EN 858-1 y EN 858-2, y NFP16-451-/CN
- Certificado CE
- Garantizando un vertido < 5 mg/l.



# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

6. Estado de Mediciones. Volumen 1/1

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA:

Junio de 2017.





## 6. Estado de mediciones.

### Contenido del índice.

6. Estado de mediciones.....	188
Contenido del índice.....	188
6.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”.....	190
6.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero.....	191
6.3. Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado. ....	192
6.4. Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado. ....	193
6.5. Capítulo 05. Elementos Auxiliares. ....	193





## 6.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 01 ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERIAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP"							
01.01	m Tubería acero al carbono galvanizada (150 mm)						200,00
01.02	u BOQUILLA LIMPIEZA ALTA PRESIÓN PIKARCHER - Tipo 20; 40°						350,00
01.03	u Estructura de limpieza de bajos						1,00
01.04	h Operario de soldadura y montaje						50,00

## 6.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
<b>CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO</b>							
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Cerramientos</b>							
02.01.01	m² Cerramiento Lateral - Losa de Hormigón prefabricada (5x2,5x0,12)						800,00
02.01.02	m² Cubierta - Panel Sandwich de Cerramiento de Cubierta						861,63
02.01.03	h Operario de montaje						120,00
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Estructura</b>							
02.02.01	Kg Acero Laminado - S275						49.018,90
02.02.02	u Placas de Andaje (Tipo1;7;14)						18,00
02.02.03	h Operario de soldadura y montaje						180,00
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cimentación</b>							
02.03.01	m³ Zapatas de Hormigón Armado 4 Tipos de Zapatas						134,69
02.03.02	m³ Vigas de Atado - 40cm de lado.						16,00
02.03.03	h Operario cimentacion						140,00
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Acondicionamiento del Terreno</b>							
02.04.01	m² Terraplenado - Nivelación de la zona de edificación						1.000,00
02.04.02	m³ Excavaciones del sistema de tratamiento de aguas						180,00
02.04.03	m³ Transporte de Tierras						180,00
02.04.04	m² Solera de hormigón de 15cm de espesor.						2.400,00
<b>SUBCAPÍTULO 02.05 Instalación Eléctrica</b>							
02.05.01	Acometida y derivaciones						1,00
02.05.02	Control de Bombas y equipos de tratamiento de agua.						1,00
02.05.03	Iluminación						1,00
02.05.04	h Operario electricista						75,00



## 6.3. Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 03 SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO							
03.01	m <sup>2</sup> Regillas						80,00
03.02	u Tolvas de conducción						2,00
03.03	u Decantadores (10.000 L)						3,00
03.04	u Equipo de filtración (reciclaje de agua) - HACO Tola 30						1,00
03.05	u Separador Hidrocarburos - AquaSHDC 15						1,00
03.06	m Tuberías de conexión						25,00
03.07	l Productos de tratamiento de agua (cuagulantes, floculantes, etc)						300,00
03.08	h Operario de montaje						70,00

## 6.4. Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
<b>CAPÍTULO 04 SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO</b>							
04.01	u Bomba de suspensión. Neptuno Pumps - NERUS						1,00
04.02	m Tubería flexible - Tela y Poliuretano elastomérico - D = 150 mm						100,00
04.03	u Deposito de suministro 10.000L (Plarex S.L.)						1,00
04.04	u Armario de control de bomba se suspensión						1,00
04.05	u Bomba Uracan P5-80 (1575 L/min, 1600 Bar)						1,00
04.06	u Bomba Uracan P3-45 (473 L/min, 250 Bar)						1,00
04.07	u Estructura soporte bomba Uracan P5-80						1,00
04.08	u Estructura soporte bomba Uracan P3-45						1,00
04.09	Sistemas de control de bombas						1,00
04.10	h Operario de soldadura y montaje						160,00

## 6.5. Capítulo 05. Elementos Auxiliares.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
<b>CAPÍTULO 05 ELEMENTOS AUXILIARES</b>							
05.01	u Cañón de agua - GAN PS						2,00
05.02	u Boquillas para GAN PS						2,00
05.03	m Tubería Acero galvanizado						25,00
05.04	h Operario de soldadura y montaje						24,00



# CABINA PARA LAVADO DE MAQUINARIA DE ALTO TONELAJE

DOCUMENTO:

7. Presupuesto. Volumen 1/1

AUTOR:

Espinosa Sáenz, Gabriel.

TUTORES:

Blanco Fernández, Julio.

ENTIDAD:

Universidad de La Rioja.  
Escuela de Máster y Doctorado.  
Edificio Politécnico C/ Luis de Ulloa, 20  
Logroño  
(La Rioja)  
Telf. 941297729  
[www.unirioja.es](http://www.unirioja.es)

CONVOCATORIA

Junio, de 2017.







## 7. Presupuesto.

### Contenido del índice.

7. Presupuesto.....	196
7.1. Cuadro de precios unitarios de materiales, mano de obra y maquinaria. 198	
7.1.1. Materiales.....	198
7.1.2. Mano de obra.....	198
7.1.3. Maquinaria.....	198
7.2. Cuadro de precios unitarios de las unidades de obra. ....	199
7.2.1. Cuadro de precios unitario N°1.....	199
7.2.2. Cuadro de precios N°2.....	202
7.3. Presupuestos parciales.....	207
7.3.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”	207
7.3.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero. ....	208
7.3.3. Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado.....	209
7.3.4. Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado.....	210
7.3.5. Capítulo 05. Elementos Auxiliares.....	210
7.4. Resumen del presupuesto. ....	211



## 7.1. Cuadro de precios unitarios de materiales, mano de obra y maquinaria.

### 7.1.1. Materiales.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
D0101	m	Tubería acero al carbono galvanizada (150 mm)	48,95
D0102	u	BOQUILLA LIMPIEZA ALTA PRESIÓN P/KARCHER - Tipo 20; 40°	8,70
D0103	u	Estructura de limpieza de bajos	16.300,00
D0401	u	Bomba de suspensión. Neptuno Pumps - NERUS	8.750,00
D0402	m	Tubería flexible - Tela y Poliuretano elastomérico - D = 150 mm	27,70
D0403	u	Deposito de suministro 10.000L (Plarex S.L.)	6.300,00
D0404	u	Armario de control de bomba se suspensión	9.500,00
D0405	u	Bomba Uracan P5-80 (1575 L/min, 1600 Bar)	24.000,00
D0406	u	Bomba Uracan P3-45 (473 L/min, 250 Bar)	18.500,00
D0407	u	Estructura soporte bomba Uracan P5-80	800,00
D0408	u	Estructura soporte bomba Uracan P3-45	600,00
D0409	u	Sistemas de control de bombas	1.800,00
E01	m²	Cerramiento Lateral - Losa de Hormigón prefabricada (5x 2,5x0,12)	17,50
E02	m²	Cubierta - Panel Sandwich de Cerramiento de Cubierta	20,00
E11	Kg	Acero Laminado - S275	2,15
E12	u	Placas de Anclaje (Tipo 1; 7; 14)	153,00
E13	m³	Zapatas de Hormigón Armado 4 Tipos de Zapatas	140,00
E14	m³	Vigas de Atado - 40cm de lado.	140,00
E18	u	Acometida y derivaciones	8.500,00
E19	u	Control de Bombas y equipos de tratamiento de agua.	3.500,00
E20	u	Iluminación	2.000,00
E21	u	Cañón de agua - GAN PS	492,00
E22	m²	Regillas	85,00
E23	u	Tolvas de conducción	3.500,00
E24	u	Decantadores (10.000 L)	5.000,00
E25	u	Equipo de filtración (reciclaje de agua) - HACO Tola 30	12.450,00
E26	u	Separador Hidrocarburos - AquaSHDC 15	4.800,00
E27	m	Tuberías de conexión	7,63
E30	u	Boquillas para GAN PS	160,00
E31	m	Tubería Acero galvanizado	48,95

### 7.1.2. Mano de obra.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
E40	h	Operario de montaje	25,00
E50	h	Operario de soldadura y montaje	35,00
E60	h	Operario cimentación	12,50
E70	h	Operario electricista	12,00

### 7.1.3. Maquinaria.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
E15	m²	Terraplenado - Nivelación de la zona de edificación	8,60
E16	m³	Excavaciones del sistema de tratamiento de aguas	7,50
E17	m³	Transporte de Tierras	0,81



## 7.2. Cuadro de precios unitarios de las unidades de obra.

### 7.2.1. Cuadro de precios unitario Nº1.

#### 7.2.1.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y accesorios de la “CLMP”.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 01 ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERIAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP"</b>			
01.01	m	Tubería acero al carbono galvanizada (150 mm)	50,42
		CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS	
01.02	u	BOQUILLA LIMPIEZA ALTA PRESIÓN PI/KARCHER - Tipo 20; 40º	8,96
		OCHO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
01.03	u	Estructura de limpieza de bajos	16.789,00
		DIECISEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS	
01.04	h	Operario de soldadura y montaje	36,05
		TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS	



### 7.2.1.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de acero.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO</b>			
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Cerramientos</b>			
02.01.01	m²	Cerramiento Lateral - Losa de Hormigón prefabricada (5x2,5x0,12)	18,03
		DIECIOCHO EUROS con TRES CÉNTIMOS	
02.01.02	m²	Cubierta - Panel Sandwich de Cerramiento de Cubierta	20,60
		VEINTE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS	
02.01.03	h	Operario de montaje	25,75
		VEINTICINCO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Estructura</b>			
02.02.01	Kg	Acero Laminado - S275	2,21
		DOS EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS	
02.02.02	u	Placas de Anclaje (Tipo1;7;14)	157,59
		CIENTO CINCUENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
02.02.03	h	Operario de soldadura y montaje	36,05
		TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS	
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cimentación</b>			
02.03.01	m³	Zapatas de Hormigón Armado 4 Tipos de Zapatas	144,20
		CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS	
02.03.02	m³	Vigas de Atado - 40cm de lado.	144,20
		CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS	
02.03.03	h	Operario cimentación	12,88
		DOCE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Acondicionamiento del Terreno</b>			
02.04.01	m²	Terraplenado - Nivelación de la zona de edificación	8,86
		OCHO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
02.04.02	m³	Excavaciones del sistema de tratamiento de aguas	7,73
		SIETE EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	
02.04.03	m³	Transporte de Tierras	0,83
		CERO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS	
02.04.04	m²	Solera de hormigón de 15cm de espesor.	17,36
		DIECISIETE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS	
<b>SUBCAPÍTULO 02.05 Instalación Eléctrica</b>			
02.05.01	u	Acometida y derivaciones	8.755,00
		OCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS	
02.05.02	u	Control de Bombas y equipos de tratamiento de agua.	3.605,00
		TRES MIL SEISCIENTOS CINCO EUROS	
02.05.03	u	Iluminación	2.060,00
		DOS MIL SESENTA EUROS	
02.05.04	h	Operario electricista	12,36
		DOCE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS	



### 7.2.1.3. Capítulo 03. Sistema de tratamiento del agua de lavado.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 03 SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO</b>			
03.01	m <sup>2</sup>	Regillas	87,55
		OCHENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
03.02	u	Tolvas de conducción	3.605,00
		TRES MIL SEISCIENTOS CINCO EUROS	
03.03	u	Decantadores (10.000 L)	5.150,00
		CINCO MIL CIENTO CINCUENTA EUROS	
03.04	u	Equipo de filtración (reciclaje de agua) - HACO Tola 30	12.823,50
		DOCE MIL OCHOCIENTOS VEINTITRES EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS	
03.05	u	Separador Hidrocarburos - AquaSHDC 15	4.944,00
		CUATRO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS	
03.06	m	Tuberías de conexión	7,86
		SIETE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
03.07	l	Productos de tratamiento de agua (cuagulantes, floculantes, etc)	2,84
		DOS EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
03.08	h	Operario de montaje	25,75
		VEINTICINCO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	

### 7.2.1.4. Capítulo 04. Sistema de suministro del agua de lavado.

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 04 SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO</b>			
04.01	u	Bomba de suspensión. Neptuno Pumps - NERUS	9.012,50
		NUEVE MIL DOCE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS	
04.02	m	Tubería flexible - Tela y Poliuretano elastomérico - D = 150 mm	28,53
		VEINTIOCHO EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS	
04.03	u	Deposito de suministro 10.000L (Plarex S.L.)	6.489,00
		SEIS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS	
04.04	u	Armario de control de bomba se suspensión	9.785,00
		NUEVE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS	
04.05	u	Bomba Uracan P5-80 (1575 L/min, 1600 Bar)	24.720,00
		VEINTICUATRO MIL SETECIENTOS VEINTE EUROS	
04.06	u	Bomba Uracan P3-45 (473 L/min, 250 Bar)	19.055,00
		DIECINUEVE MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS	
04.07	u	Estructura soporte bomba Uracan P5-80	824,00
		OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS	
04.08	u	Estructura soporte bomba Uracan P3-45	618,00
		SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS	
04.09	u	Sistemas de control de bombas	1.854,00
		MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS	
04.10	h	Operario de soldadura y montaje	36,05
		TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS	



### 7.2.1.5. Capítulo 05. Elementos auxiliares.

CODIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 05 ELEMENTOS AUXILIARES</b>			
05.01	u	Cañón de agua - GAN PS	506,76
		QUINIENTOS SEIS EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
05.02	u	Boquillas para GAN PS	164,80
		CIENTO SESENTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS	
05.03	m	Tubería Acero galvanizado	50,42
		CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS	
05.04	h	Operario de soldadura y montaje	36,05
		TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS	

### 7.2.2. Cuadro de precios Nº2.

#### 7.2.2.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y accesorios de la “CLMP”.

CODIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP"</b>						
01.01		m	Tubería acero al carbono galvanizada (150 mm)			
			Sin descomposición			48,95
			Costes indirectos.....	3,00%		1,47
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>50,42</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS						
01.02		u	BOQUILLA LIMPIEZA ALTA PRESIÓN P/KARCHER - Tipo 20; 40°			
			Sin descomposición			8,70
			Costes indirectos.....	3,00%		0,26
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>8,96</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS						
01.03		u	Estructura de limpieza de bajos			
			Sin descomposición			16.300,00
			Costes indirectos.....	3,00%		489,00
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>16.789,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS						
01.04		h	Operario de soldadura y montaje			
			Sin descomposición			35,00
			Costes indirectos.....	3,00%		1,05
			<b>TOTAL PARTIDA .....</b>			<b>36,05</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS						





## 7.2.2.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de acero.

CODIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO</b>					
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Cerramientos</b>					
02.01.01	m²	Cerramiento Lateral - Losa de Hormigón prefabricada (5x2,5x0,12)			
			Sin descomposición		17,50
		Costes indirectos.....	3,00%		0,53
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>18,03</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con TRES CÉNTIMOS					
02.01.02	m²	Cubierta - Panel Sandwich de Cerramiento de Cubierta			
			Sin descomposición		20,00
		Costes indirectos.....	3,00%		0,60
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>20,60</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS					
02.01.03	h	Operario de montaje			
			Sin descomposición		25,00
		Costes indirectos.....	3,00%		0,75
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>25,75</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICINCO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Estructura</b>					
02.02.01	Kg	Acero Laminado - S275			
			Sin descomposición		2,15
		Costes indirectos.....	3,00%		0,06
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2,21</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS					
02.02.02	u	Placas de Anclaje (Tipo1;7;14)			
			Sin descomposición		153,00
		Costes indirectos.....	3,00%		4,59
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>157,59</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					
02.02.03	h	Operario de soldadura y montaje			
			Sin descomposición		35,00
		Costes indirectos.....	3,00%		1,05
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>36,05</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS					
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cimentación</b>					
02.03.01	m³	Zapatas de Hormigón Armado 4 Tipos de Zapatas			
			Sin descomposición		140,00
		Costes indirectos.....	3,00%		4,20
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>144,20</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS					
02.03.02	m³	Vigas de Atado - 40cm de lado.			
			Sin descomposición		140,00
		Costes indirectos.....	3,00%		4,20
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>144,20</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS					
02.03.03	h	Operario cimentacion			
			Sin descomposición		12,50
		Costes indirectos.....	3,00%		0,38
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>12,88</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS					



CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Acondicionamiento del Terreno</b>					
02.04.01	m²	Terraplenado - Nivelación de la zona de edificación			
		Sin descomposición			8,60
		Costes indirectos.....	3,00%		0,26
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>8,86</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
02.04.02	m³	Excavaciones del sistema de tratamiento de aguas			
		Sin descomposición			7,50
		Costes indirectos.....	3,00%		0,23
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>7,73</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS					
02.04.03	m³	Transporte de Tierras			
		Sin descomposición			0,81
		Costes indirectos.....	3,00%		0,02
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>0,83</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS					
02.04.04	m²	Solera de hormigón de 15cm de espesor.			
		Sin descomposición			16,85
		Costes indirectos.....	3,00%		0,51
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>17,36</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>SUBCAPÍTULO 02.05 Instalación Eléctrica</b>					
02.05.01	u	Acometida y derivaciones			
		Sin descomposición			8.500,00
		Costes indirectos.....	3,00%		255,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>8.755,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS					
02.05.02	u	Control de Bombas y equipos de tratamiento de agua.			
		Sin descomposición			3.500,00
		Costes indirectos.....	3,00%		105,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>3.605,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL SEISCIENTOS CINCO EUROS					
02.05.03	u	Iluminación			
		Sin descomposición			2.000,00
		Costes indirectos.....	3,00%		60,00
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2.060,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL SESENTA EUROS					
02.05.04	h	Operario electricista			
		Sin descomposición			12,00
		Costes indirectos.....	3,00%		0,36
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>12,36</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS					



### 7.2.2.3. Capítulo 03. Sistema de tratamiento del agua de lavado.

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO</b>					
03.01	m <sup>2</sup>	Regillas			
			Sin descomposición		85,00
		Costes indirectos.....	3,00%	2,55	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>87,55</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
03.02	u	Tolvas de conducción			
			Sin descomposición		3.500,00
		Costes indirectos.....	3,00%	105,00	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>3.605,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL SEISCIENTOS CINCO EUROS					
03.03	u	Decantadores (10.000 L)			
			Sin descomposición		5.000,00
		Costes indirectos.....	3,00%	150,00	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>5.150,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL CIENTO CINCUENTA EUROS					
03.04	u	Equipo de filtración (reciclaje de agua) - HACO Tola 30			
			Sin descomposición		12.450,00
		Costes indirectos.....	3,00%	373,50	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>12.823,50</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE MIL OCHOCIENTOS VEINTITRES EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS					
03.05	u	Separador Hidrocarburos - AquaSHDC 15			
			Sin descomposición		4.800,00
		Costes indirectos.....	3,00%	144,00	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>4.944,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS					
03.06	m	Tuberías de conexión			
			Sin descomposición		7,63
		Costes indirectos.....	3,00%	0,23	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>7,86</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
03.07	l	Productos de tratamiento de agua (cuagulantes, floculantes, etc)			
			Sin descomposición		2,76
		Costes indirectos.....	3,00%	0,08	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>2,84</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
03.08	h	Operario de montaje			
			Sin descomposición		25,00
		Costes indirectos.....	3,00%	0,75	
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>25,75</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICINCO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS					



## 7.2.2.4. Capítulo 04. Sistema de suministro del agua de lavado.

CODIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO</b>						
04.01	u		Bomba de suspensión. Neptuno Pumps - NERUS			
			Sin descomposición			8.750,00
			Costes indirectos.....	3,00%		262,50
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>9.012,50</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE MIL DOCE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS						
04.02	m		Tubería flexible - Tela y Poliuretano elastomérico - D = 150 mm			
			Sin descomposición			27,70
			Costes indirectos.....	3,00%		0,83
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>28,53</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS						
04.03	u		Deposito de suministro 10.000L (Plarex S.L.)			
			Sin descomposición			6.300,00
			Costes indirectos.....	3,00%		189,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>6.489,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS						
04.04	u		Armario de control de bomba se suspensión			
			Sin descomposición			9.500,00
			Costes indirectos.....	3,00%		285,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>9.785,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS						
04.05	u		Bomba Uracon P5-80 (1575 L/min, 1600 Bar)			
			Sin descomposición			24.000,00
			Costes indirectos.....	3,00%		720,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>24.720,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO MIL SETECIENTOS VEINTE EUROS						
04.06	u		Bomba Uracon P3-45 (473 L/min, 250 Bar)			
			Sin descomposición			18.500,00
			Costes indirectos.....	3,00%		555,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>19.055,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS						
04.07	u		Estructura soporte bomba Uracon P5-80			
			Sin descomposición			800,00
			Costes indirectos.....	3,00%		24,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>824,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS						
04.08	u		Estructura soporte bomba Uracon P3-45			
			Sin descomposición			600,00
			Costes indirectos.....	3,00%		18,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>618,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS						
04.09	u		Sistemas de control de bombas			
			Sin descomposición			1.800,00
			Costes indirectos.....	3,00%		54,00
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>1.854,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS						
04.10	h		Operario de soldadura y montaje			
			Sin descomposición			35,00
			Costes indirectos.....	3,00%		1,05
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>36,05</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS						



### 7.2.2.5. Capítulo 05. Elementos auxiliares.

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 05 ELEMENTOS AUXILIARES</b>						
05.01	u		Cañón de agua - GAN PS			
				Sin descomposición		492,00
			Costes indirectos.....	3,00%	14,76	
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>506,76</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS SEIS EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS						
05.02	u		Boquillas para GAN PS			
				Sin descomposición		160,00
			Costes indirectos.....	3,00%	4,80	
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>164,80</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SESENTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS						
05.03	m		Tubería Acero galvanizado			
				Sin descomposición		48,95
			Costes indirectos.....	3,00%	1,47	
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>50,42</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS						
05.04	h		Operario de soldadura y montaje			
				Sin descomposición		35,00
			Costes indirectos.....	3,00%	1,05	
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>36,05</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS						

## 7.3. Presupuestos parciales.

### 7.3.1. Capítulo 01. Estructura de lavado – Tuberías y Accesorios de la “CLMP”

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERIAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP"</b>				
01.01	m Tubería acero al carbono galvanizada (150 mm)			
		200,00	50,42	10.084,00
01.02	u BOQUILLA LIMPIEZA ALTA PRESIÓN P/KARCHER - Tipo 20; 40°			
		350,00	8,96	3.136,00
01.03	u Estructura de limpieza de bajos			
		1,00	16.789,00	16.789,00
01.04	h Operario de soldadura y montaje			
		50,00	36,05	1.802,50
	<b>TOTAL CAPÍTULO 01 ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERIAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP".....</b>			<b>31.811,50</b>



### 7.3.2. Capítulo 02. Estructura – Nave de Acero.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO</b>				
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Cerramientos</b>				
02.01.01	m² Cerramiento Lateral - Losa de Hormigón prefabricada (5x2,5x0,12)			
		800,00	18,03	14.424,00
02.01.02	m² Cubierta - Panel Sandwich de Cerramiento de Cubierta			
		861,63	20,60	17.749,58
02.01.03	h Operario de montaje			
		120,00	25,75	3.090,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.01 Cerramientos.....</b>				<b>35.263,58</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Estructura</b>				
02.02.01	Kg Acero Laminado - S275			
		49.018,90	2,21	108.331,77
02.02.02	u Placas de Andaje (Tipo1;7;14)			
		18,00	157,59	2.836,62
02.02.03	h Operario de soldadura y montaje			
		180,00	36,05	6.489,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.02 Estructura.....</b>				<b>117.657,39</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cimentación</b>				
02.03.01	m³ Zapatas de Hormigón Armado 4 Tipos de Zapatas			
		134,69	144,20	19.422,30
02.03.02	m³ Vigas de Atado - 40cm de lado.			
		16,00	144,20	2.307,20
02.03.03	h Operario cimentacion			
		140,00	12,88	1.803,20
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.03 Cimentación.....</b>				<b>23.532,70</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Acondicionamiento del Terreno</b>				
02.04.01	m² Terraplenado - Nivelación de la zona de edificación			
		1.000,00	8,86	8.860,00
02.04.02	m³ Excavaciones del sistema de tratamiento de aguas			
		180,00	7,73	1.391,40
02.04.03	m³ Transporte de Tierras			
		180,00	0,83	149,40
02.04.04	m² Solera de hormigón de 15cm de espesor.			
		2.400,00	17,36	41.664,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.04 Acondicionamiento del Terreno....</b>				<b>52.064,80</b>



SUBCAPÍTULO 02.05 Instalación Eléctrica				
02.05.01	u	Acometida y derivaciones		
			1,00	8.755,00
02.05.02	u	Control de Bombas y equipos de tratamiento de agua.		
			1,00	3.605,00
02.05.03	u	Iluminación		
			1,00	2.060,00
02.05.04	h	Operario electricista		
			75,00	12,36
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.05 Instalación Eléctrica.....				15.347,00
TOTAL CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO.....				243.865,47

### 7.3.3. Capítulo 03. Sistema de Tratamiento del Agua de Lavado.

CODIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO				
03.01	m <sup>2</sup> Regillas			
		80,00	87,55	7.004,00
03.02	u Tolvas de conducción			
		2,00	3.605,00	7.210,00
03.03	u Decantadores (10.000 L)			
		3,00	5.150,00	15.450,00
03.04	u Equipo de filtración (reciclaje de agua) - HACO Tola 30			
		1,00	12.823,50	12.823,50
03.05	u Separador Hidrocarburos - AquaSHDC 15			
		1,00	4.944,00	4.944,00
03.06	m Tuberías de conexión			
		25,00	7,86	196,50
03.07	l Productos de tratamiento de agua (cuagulantes, floculantes, etc)			
		300,00	2,84	852,00
03.08	h Operario de montaje			
		70,00	25,75	1.802,50
TOTAL CAPÍTULO 03 SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO.....				50.282,50



### 7.3.4. Capítulo 04. Sistema de Suministro del Agua de Lavado.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO</b>				
04.01	u Bomba de suspensión. Neptuno Pumps - NERUS			
		1,00	9.012,50	9.012,50
04.02	m Tubería flexible - Tela y Poliuretano elastomérico - D = 150 mm			
		100,00	28,53	2.853,00
04.03	u Deposito de suministro 10.000L (Piarex S.L.)			
		1,00	6.489,00	6.489,00
04.04	u Armario de control de bomba se suspensión			
		1,00	9.785,00	9.785,00
04.05	u Bomba Uracan P5-80 (1575 L/min, 1600 Bar)			
		1,00	24.720,00	24.720,00
04.06	u Bomba Uracan P3-45 (473 L/min, 250 Bar)			
		1,00	19.055,00	19.055,00
04.07	u Estructura soporte bomba Uracan P5-80			
		1,00	824,00	824,00
04.08	u Estructura soporte bomba Uracan P3-45			
		1,00	618,00	618,00
04.09	u Sitemas de control de bombas			
		1,00	1.854,00	1.854,00
04.10	h Operario de soldadura y montaje			
		160,00	36,05	5.768,00
TOTAL CAPÍTULO 04 SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO.....				<b>80.978,50</b>

### 7.3.5. Capítulo 05. Elementos Auxiliares.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 05 ELEMENTOS AUXILIARES</b>				
05.01	u Cañón de agua - GAN PS			
		2,00	506,76	1.013,52
05.02	u Boquillas para GAN PS			
		2,00	164,80	329,60
05.03	m Tubería Acero galvanizado			
		25,00	50,42	1.260,50
05.04	h Operario de soldadura y montaje			
		24,00	36,05	865,20
TOTAL CAPÍTULO 05 ELEMENTOS AUXILIARES.....				<b>3.468,82</b>
TOTAL.....				<b>410.406,79</b>





## 7.4. Resumen del presupuesto.

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	ESTRUCTURA DE LAVADO - TUBERIAS Y ACCESORIOS DE LA "CLMP".....	31.811,50
2	ESTRUCTURA - NAVE DE ACERO.....	243.865,47
3	SIST. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO.....	50.282,50
4	SIST. DE SUMINISTRO DEL AGUA DE LAVADO.....	80.978,50
5	ELEMENTOS AUXILIARES.....	3.468,82
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		410.406,79
13,00 % Gastos generales.....		53.352,88
9,00 % Beneficio industrial.....		36.936,61
SUMA DE G.G. y B.I.		90.289,49
21,00 % I.V.A.....		105.146,22
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		605.842,50
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		605.842,50

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SEISCIENTOS CINCO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

, a 12 de Junio de 2017.

El promotor

La dirección facultativa